

IV Congreso de la Red Iberoamericana de Investigación en Transporte Aéreo

27, 28 y 29 de Noviembre de 2013 - La Plata

"Hacia un transporte aéreo sostenible"

Organizadores:



Contacto

G.T.A. - Calle 116 e/ 47 y 48; (1900) La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina
TE.: (54) (221) 425-8911/423-6679 int 147 - FAX.: (54) (221) 425-8911/423-6679
Int.143 - Email: gta@ing.unlp.edu.ar - ivridita@ing.unlp.edu.ar -
Web.: <http://www.ing.unlp.edu.ar/congresos/ivridita/>



Actas del IV Congreso de la Red Iberoamericana de Investigación en Transporte Aéreo / Osvaldo Azpeitia ... [et.al.]. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata, 2013.
E-Book.

ISBN 978-950-34-1067-7

1. Transporte Aéreo. 2. Aeropuertos. 3. Actas de Congresos. I. Azpeitia, Osvaldo
CDD 387.7

Fecha de catalogación: 10/03/2014

Presentación

El Grupo de Transporte Aéreo (GTA) de la UID GTA-GIAI se complace en anunciar que el **IV Congreso de la RED IBEROAMERICANA DE INVESTIGACIÓN EN TRANSPORTE AÉREO (RIDITA)**, se llevará a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, los días 27, 28 y 29 de noviembre de 2013.

La RIDITA es un grupo abierto, incluyente y sin fines de lucro, de discusión permanente, conformado por investigadores, formadores y profesionales relacionados con el Transporte Aéreo que se desempeñen en instituciones académicas iberoamericanas, fundado en 2007.

A la fecha la **Red Iberoamericana de Investigación en Transporte Aéreo** ha organizado tres congresos: Buenos Aires (2007), San Pablo (2009) y Madrid (2011), y ha encomendado a la UID GTA-GIAI del Departamento de Aeronáutica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata la organización del IV Congreso.

El lema de la presente edición del congreso de RIDITA es *“Hacia un transporte aéreo sostenible”*.

Invitamos a partir de esta motivación a sumar esfuerzos en el compromiso con la sostenibilidad de la actividad humana, desde un enfoque multidisciplinario, donde se integren los aspectos sociales, económicos, productivos y ambientales, y desde donde se articulen los distintos grupos de interés.

Temas del congreso

En los congresos de la RIDITA tienen cabida prácticamente todos los temas relacionados con la investigación formal del transporte aéreo, como áreas temáticas se destacan:

- Infraestructura del transporte aéreo;
- Tecnología del transporte aéreo;
- Navegación en el espacio aéreo;
- Sostenibilidad y transporte aéreo;
- Ordenamiento territorial y transporte aéreo,
- Economía del transporte aéreo;
- Gestión empresarial y gubernamental de los servicios de transporte aéreo.

Organizadores:



RIDITA

Grupo de Transporte Aéreo
UID GTA-GIAI

Facultad de Ingeniería

Patrocinadores:

Grupo de Transporte Aéreo
UID GTA-GIAIFundación Facultad
de Ingeniería

A.P.A.D.A.

Comité organizador:

- Vicente Nadal Mora, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Alejandro José Pesarini, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Alejandro Di Bernardi, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Sergio Pitrelli, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Joaquín Piechocki, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Santiago Pezzotti, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Pablo Di Gregorio, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Paolo Marino, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Rogelio Faut, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Óscar Armando Rico Galeana, Instituto Mexicano del Transporte, México.
- Hernán Gómez, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Comité científico:

- Gustavo Andrés Lipovich, Universidad de Buenos Aires, Argentina
- José Ángel Hernández Luís, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España
- Luis Chías Becerril, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Francisco Javier Antón Burgos, Universidad Complutense de Madrid, España
- Óscar Armando Rico Galeana, Instituto Mexicano del Transporte, México
- Claudio Jorge Pinto Alves, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil
- Arturo Benito Ruiz de Villa, Universidad Politécnica de Madrid, España
- Vicenc Fernandez, Escola Técnica Superior d'Enginyeria Industrial i Aeronàutica de Terrassa, Universitat Politècnica de Catalunya, España
- Tomás Serebrisky, Banco Mundial, Argentina
- Víctor Hugo Valdés Cervantes, Universidad Anáhuac Norte, México.
- Alejandro José Pesarini, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Alejandro Di Bernardi, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Sergio Pitrelli, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Joaquín Piechocki, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Vicente Nadal Mora, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Comité editor:

- Ing. Alejandro Herrón
- Ing. Alejandro Puebla
- Ing. Juan Ignacio D'lorio
- Ing. Juan Francisco Martiarena
- Ing. Juan Pedro Monteagudo Ahumada
- Ing. Matías Chapela
- Ing. Matías Coppa
- Sr. Pablo Bauer

Junta directiva de la RIDITA:

Presidente:

- Óscar Armando Rico Galeana (Instituto Mexicano del Transporte - México)

Vicepresidente:

- José Ángel Hernández Luis (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - España)

Secretario General:

- Gustavo Andrés Lipovich (Universidad de Buenos Aires - Argentina)

Vocales:

- Cláudio Jorge Pinto Alves (Instituto Tecnológico de Aeronáutica - Brasil)
- Cristina Barbot (1953 - 2012) (Universidade do Porto - Portugal)
- Daniel Montero Ferreiro (Independiente - Argentina)
- Francisco Javier Antón Burgos (Universidad Complutense de Madrid - España)

Índice por trabajo

A COMPARATIVE STUDY FOR MERGING AND SEQUENCING FLOWS IN TMA. Catya A. Zuñiga y Daniel Delahaye.	P. 555
AEROLINEAS REGIONALES. CASO NEUQUÉN-ARGENTINA PREFECTIBILIDAD ECONÓMICA Y DISEÑO A PARTIR DEL HUB. Carlos A. Ballistreri.	P. 57
AEROPUERTOS Y CONEXIONES FERROVIARIAS. El caso Buenos Aires. C. L. Farberoff.	P. 247
AEROPUERTOS Y CONEXIONES FERROVIARIAS. Las experiencias internacionales. C. L. Farberoff.	P. 232
ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE OS MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE CAMPINAS-SP E O AEROPORTO INTERNACIONAL DE VIRACOPOS. J. Cappa.	P. 112
ANÁLISIS COMPARATIVO DE FLOTAS AEROCOMERCIALES CAR-SAM Y SU APORTE GASEOSO CONTAMINANTE EN CICLOS LTO. Matías Coppa, Nahuel Tomassini, Juan Ignacio D'Iorio, Alejandro Di Bernardi.	P. 186
ANÁLISIS DEL APORTE GASEOSO CONTAMINANTE EN LA REGIÓN OACT-CAR EN CICLOS LTO. Nahuel Tomassini, Matías Coppa, Juan Ignacio D'Iorio, Alejandro Di Bernardi.	P. 514
ANÁLISIS DEA DE LOS PROVEEDORES DE SERVICIOS DE NAVEGACIÓN AÉREA EN EL MARCO DE CIELO ÚNICO EUROPEO. R. Arnaldo, V. Gómez y L. Pérez.	P. 30
ANÁLISIS Y CARACTERIZACION DE AEROPUERTOS EMPLAZADOS EN GRANDES URBES. Matías Coppa, Esteban Maddonni Brito, Gabriel Ramírez, Nahuel Tomassini, Pablo Di Gregorio.	P. 151
ANÁLISIS Y CARACTERIZACION DE AEROPUERTOS EMPLAZADOS EN ZONAS COSTERAS. Matías Coppa, Agustina García, Gabriel Ramírez, Esteban Maddonni Brito, Pablo Di Gregorio.	P. 162
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE AEROPORTOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE BENCHMARKING. C.J.P. Alves, S.C.L. Holanda y J.C.N. Junioni.	P. 06
CÁLCULO DE APORTE CONTAMINANTE GASEOSO EN LOS PRINCIPALES AEROPUERTOS Y RUTAS ARGENTINAS. Matías Coppa, Nahuel Tomassini, Juan Ignacio D'Iorio, Alejandro Di Bernardi.	P. 171
CONCEPÇÃO SUSTENTÁVEL: O DESAFIO DOS NOVOS AEROPORTOS PRIVADOS BRASILEIROS. Carlos Alberto de Mattos Bento.	P. 102
CONFERENCIA PLENARIA II: DESARROLLO SOSTENIBLE DEL TRANSPORTE AÉREO. A. Benito.	P. 87
CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN SISTEMAS AEROPORTUARIOS Y SU IMPACTO EN LA PLANIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO. Juan Ignacio D'Iorio, Matías Chapela, Alejandro Puebla y Alejandro Di Bernardi.	P. 213

CONTAMINACIÓN GASEOSA EN SISTEMAS AEROPORTUARIOS Y SU IMPACTO EN LA PLANIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO. Matías Chapela, Alejandro Puebla, Juan Ignacio D'Iorio, Alejandro Di Bernardi.	P. 139
DESARROLLO Y PLANIFICACION DEL AEROPUERTO EZEIZA “MINISTRO PISTARINI” DESDE SU CREACION EN RELACION AL TRAFICO AEROCOMERCIAL. Gustavo Roberto D'Antiochia.	P. 198
DESARROLLO DEL PLAN ESTRATEGICO DE UNA AEROLINEA DE CABOTAJE SIN ESCALA EN BUENOS AIRES. Oroná Nélida, Godoy Rocío.	P. 389
DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD AÉREA EN MÉXICO. EL CASO DEL GRUPO AEROPORTUARIO DEL CENTRO NORTE. Josué Adonis Lagunes García y Alfonso Herrera García.	P. 313
EFFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011. Herrera Madrid, Isaac.	P. 285
ESTADO Y VIABILIDAD TÉCNICA DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN AERONAVES COMERCIALES. Gabriel Ramírez Díaz y Vicente Nadal Mora.	P. 430
ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES GENERADAS POR LA ACTIVIDAD AÉREA EN MÉXICO. Newton Alfredo Vales Cordero y Alfonso Herrera García.	P. 543
ESTRATEGIA PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN AEROPUERTOS SATURADOS. Santiago Servin Caballero y Alfonso Herrera García.	P. 470
ESTUDIO COMPARADO DE MODELOS DE CAPACIDAD APLICADO AL AEROPUERTO SABE. SITUACIÓN 2013. Joaquín Piechocki, Alejandro Di Bernardi y Gabriel Ramírez Díaz.	P. 404
EVALUACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS PARA MANTENER LA SEPARACIÓN DE A BORDO EN VUELO DE CRUCERO EN FORMA AUTOMÁTICA O ASISTIDA. Enrique Ricaud Álvarez y Daniel S. Monserrat.	P. 445
EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ECONÓMICA EN EL AEROTRANSPORTE COMERCIAL DE PASAJEROS EN MÉXICO. Óscar Armando Rico Galeana.	P. 459
INDICADOR DEL NIVEL DE ACCESO AL TRANSPORTE AEROCOMERCIAL. Daniel Montero Ferreiro.	P. 364
INTERACCIÓN DE LA PLANIFICACION DE USOS DEL SUELO Y LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LOS S.S.E.I. Juan Pedro Monteagudo; Víctor Padilla; Esteban Maddonni Brito; Sergio Pitrelli; Pablo Di Gregorio.	P. 352
LA CIUDAD EN EL AEROPUERTO, EL AEROPUERTO EN LA CIUDAD. Pablo E.M. Szelagowski, Nicolás Vitale, Sergio Pitrelli, Pablo Di Gregorio.	P. 504

LA CONECTIVIDAD COMO FACTOR DE SOSTENIBILIDAD DE LA RED AÉREA INTERINSULAR DE LAS ISLAS CANARIAS (ESPAÑA). José Ángel Hernández Luis.	P. 270
LA EXPERIENCIA DE INTERNATIONAL AIRLINES GROUP Y SUS REPERCUSIONES PARA IBERIA. F. J. Antón Burgos.	P. 16
LA INMUNIDAD DE JURISDICCIÓN & LOS ORGANISMOS INTERNACIONALES DE EXPLOTACIÓN DE SERVICIOS DE NAVEGACIÓN. Hernán Adrián Gómez.	P. 262
LA RED AEROPORTUARIA Y LA ORGANIZACIÓN SANITARIA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Morinaga C, Ledesma R, Pesarini A, Giambelluca Claudio, Matias Coppa, Cristian Batallas.	P. 376
LA TERMINAL DE PASAJEROS COMO ESPACIO DE LA SOBREMERNIDAD. Pablo E.M. Szelagowski, Nicolas Vitale, Julia Lescano.	P. 495
METODOLOGIA PARA DETERMINAR LA CLAVE DE REFERENCIA DE UN AERÓDROMO EXISTENTE SEGÚN SU DISEÑO GEOMÉTRICO. D. Carasay, S. Pitrelli, A. Di Bernardi, P. Marino, A. Pesarini.	P. 126
PROBLEMÁTICA EN LA TRAZABILIDAD DEL TRANSPORTE DE CARGA DESDE SU ORIGEN HASTA EL AEROPUERTO. José Luis Bamberger, Víctor Melitón, José Ochoa, Pablo Di Gregorio.	P. 72
RED DE CAMPOS DE VUELO ARGENTINA Y SU ARTICULACIÓN CON INDICADORES Y PLANES ESTRATÉGICOS DE DESARROLLO. Herrón, Alejandro; Chapela, Matias; Hanna, Walid; Di Bernardi, Alejandro; Pezzotti, Santiago.	P. 298
RELACIÓN FUNCIONAL METROPOLITANA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO. T. Torres y L. Chías.	P. 528
SEGURIDAD FÍSICA EN AEROPUERTOS INTERNACIONALES DE IBEROAMÉRICA. Osvaldo Azpeitia, Víctor Melitón, Pablo Di Gregorio.	P. 42
SUEÑO Y FATIGA. LIMITACIONES HUMANAS Y RIESGO EN PILOTOS DE LÍNEAS AEREAS. Alejandro López Camelo y Marcelo Muro.	P. 326
SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS EN AEROPUERTOS DEL SNA Y SU RELACIÓN CON SUS ENTORNOS. Sergio Pitrelli, E. Alejandro Puebla, Rogelio Faut, Pedro Monteagudo, Alejandro Herrón.	P. 416
THE POTENTIAL FOR AIRPORT-TO-AIRPORT MUTUAL AID IN THE LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN REGIO. J. F. Smith.	P. 484
UTAHUSA97 - ROTAS CONTINENTAIS DE NAVEGAÇÃO DE ÁREA NO BRASIL. Fernando Luiz Fantoni, Protógenes Pires Porto, Carlos Müller.	P. 222
VIABILIDAD DE UNA NUEVA COMPAÑÍA AÉREA DE BAJO COSTE EN BRASIL. L. Martín, G. Alonso y A. Benito.	P. 337

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE AEROPORTOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE BENCHMARKING

C.J.P. Alves^a, S.C.L. Holanda^a y J.C.N. Junion^b

^aDepartamento de Transporte Aéreo, Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Eduardo Gomes 50, (12.228-800) São José dos Campos, Brasil

^bInstituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Av. Astronautas, (12.228-800), São José dos Campos, Brasil.
Email: claudioj@ita.br

RESUMEN

A Comissão Nacional de Autoridades Aeroportuárias (CONAERO) foi criada no Brasil em agosto de 2011. Sua responsabilidade é a organização e coordenação das atividades públicas nos aeroportos. Um dos seus comitês técnicos tem como objetivo estabelecer e acompanhar os indicadores de desempenho dos aeroportos brasileiros.

O crescimento observado na demanda aérea nestes últimos anos e a dificuldade em se investir em infraestrutura no País têm gerado severas restrições operacionais e contundentes reclamações dos usuários do transporte aéreo. Como uma das soluções para o problema, o CONAERO decidiu investir em mais eficiência operacional e para tal estabeleceu indicadores de desempenho e métodos para medi-los nos principais aeroportos. Esse processo de quantificação visa identificar os setores que têm mostrado melhores resultados e utilizá-los como referência (benchmarking) para os demais aeroportos em avaliação.

O objetivo desse trabalho é: apresentar a metodologia adotada pelo comitê, os problemas surgidos na sua implementação (que foi iniciada em dezembro de 2012) e alguns dos resultados alcançados ao final do primeiro semestre. A pesquisa, com a coleta de indicadores qualitativos e quantitativos, está sendo realizada em 15 aeroportos das 12 cidades-sedes para a Copa do Mundo de Futebol da FIFA em 2014.

ABSTRACT

The National Commission of Airport Authorities (CONAERO) was created in Brazil in August 2011. Your responsibility is to the organization and coordination of public activities in airports. One of its technical committees have as objective to establish and monitor the performance indicators of Brazilian airports.

The observed growth in air demand in recent years and the difficulty to invest in infrastructure in Brazil has generated severe operational constraints and resounding complaints from users of air transport. As one of the solutions to the problem, the CONAERO decided to invest in more operational efficiency and to this objective has established performance indicators and methods to measure them in the main airports. This quantification process aims to identify the sectors that have shown better results and uses them as reference (benchmarking) for all other Brazilian airports.

The objective of this work is to show the methodology adopted by the committee, the problems encountered in its implementation (which was launched in December 2012) and some of the results achieved at the end of the first semester. The survey, with the data collection to qualitative and quantitative indicators, is being held at 15 airports in 12 hosted-cities for the FIFA World Cup in 2014.

Palavras chave: nível de serviço, avaliação de desempenho, terminal de passageiros, pesquisa de opinião e coleta de dados

INTRODUÇÃO

A demanda pelo transporte aéreo no Brasil elevou-se significativamente nos últimos dez anos. A melhoria da renda per capita da população e a redução relativa dos preços dos bilhetes geraram taxas

médias de crescimento de 10% ao ano (McKinsey, 2010). Por diversos motivos as obras em aeroportos sofreram atrasos e mesmo diante de eventos internacionais de grande atratividade (Copa do Mundo de Futebol da FIFA e os Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro) a evolução da infraestrutura implantada está longe de acompanhar a demanda esperada. Algumas alternativas de solução foram implementadas pelo Governo Brasileiro, como a concessão dos aeroportos de Guarulhos, Campinas e Brasília (em 2011) assim como a provável de Galeão (Rio de Janeiro) e de Confins (Belo Horizonte) à Iniciativa Privada que supostamente teriam mais agilidade na realização das obras civis necessárias. Tratam-se dos aeroportos de maior movimento de passageiros como se observa na Tabela 1 com as informações relativas a 2012.

Tabela 1. Aeroportos do Brasil (Fonte: INFRAERO, 2013)

Rank	Aeroporto	Cidade	Movimento de Pax
1	GRU	São Paulo	32.177.594
2	GIG	Rio de Janeiro	17.491.744
3	CGH	São Paulo	16.775.785
4	BSB	Brasília	15.665.045

Alguns dos problemas levantados pelo estudo da McKinsey (2010) referiu-se à dificuldade de se gerir o ambiente aeroportuário integrado por múltiplas autoridades. Devido a essa situação, em agosto de 2011, foi instituída a Comissão Nacional de Autoridades Aeroportuárias (CONAERO) com a responsabilidade de organizar e coordenar as atividades públicas nos aeroportos. Um dos seus comitês técnicos, o de Desempenho Operacional, é composto por representantes da: Secretaria de Aviação Civil (SAC), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Sistema de Vigilância Agropecuária Internacional (VIGIAGRO), Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), Departamento de Polícia Federal (DPF), Receita Federal (a aduana brasileira), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e colaboradores como o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), e os operadores aeroportuários (INFRAERO, GRU-Airport, Inframérica e Aeroportos Brasil – Viracopos).

O objetivo do Comitê de Desempenho, responsável pela construção de soluções voltadas para a avaliação de indicadores de desempenho das operações aeroportuárias, é o de apontar ações que visem à melhoria da gestão aeroportuária.

A idéia foi a de se medir o desempenho dos aeroportos para se avaliar o atual estágio em que se situam as operações aeroportuárias brasileiras. Existem no contexto internacional, organizações que realizam esse tipo de análise identificando, por comparação, os aeroportos que apresentam os melhores resultados. Esses podem servir de *benchmarking* (referência) para que os gestores aperfeiçoem seus sistemas locais. Há muito tempo os aeroportos brasileiros não têm sido submetidos a essa comparação e para que isso aconteça são necessárias as coletas de dados para encaminhamento às organizações que desenvolvem esse tipo de atividade.

O primeiro objetivo, por enquanto, é o de medir o desempenho. Identificar os aeroportos que apresentam os melhores resultados, em cada aspecto, para que sirvam de referência (*benchmarking*).

METODOLOGIA

A metodologia utilizada pelo Comitê pode ser dividida nas seguintes etapas:

1ª etapa: Identificação dos Indicadores de Desempenho e dos Perfis de Usuários

2ª etapa: Determinação dos aeroportos a serem pesquisados

3ª etapa: Estabelecimento dos procedimentos de coleta, períodos e tamanhos de amostra

4ª etapa: Realização da coleta

5ª etapa: Montagem das planilhas

6ª etapa: Análise dos resultados e Identificação dos melhores desempenhos

Identificação dos Indicadores e dos Perfis de Usuários

Foram pesquisados na literatura e nos manuais da Airport Council International (ACI) os indicadores utilizados para avaliar o desempenho de aeroportos. De fato, o compromisso foi o de utilizar o maior número possível de indicadores sem que se onerasse exageradamente o processo de coleta dos dados. Alguns indicadores são medidos *in loco*, de forma quantitativa, como tempo de espera, tamanho de filas, fluxos (vide Tabela 2). Outros, denominados qualitativos, são obtidos como resultado da opinião declarada dos usuários dos diversos componentes do aeroporto quanto ao nível de serviço observado numa escala de Likert de 1 a 5 (vide Tabela 3).

Tabela 2. Indicadores quantitativos

Indicador	Especificação	Componente
J ₁	Número de trolleys	<i>Trolleys</i>
J ₂	Tempo	<i>Check in</i>
J ₃	Fluxo em balcões	
J ₄	Número de totens	
J ₅	Número de balcões	
J ₆	Fluxo em tótems	
J ₇	Tempo	Emigração
J ₈	Fluxo	
J ₉	Número de canais	
J ₁₀	Tempo	Inspeção de segurança
J ₁₁	Fluxo	
J ₁₂	Número de canais	
J ₁₃	Tempo	Embarque
J ₁₄	Tempo de chegada da primeira	Bagagens
J ₁₅	Tempo de chegada da última	
J ₁₆	Número de bagagens	
J ₁₇	Tempo	Imigração
J ₁₈	Fluxo	
J ₁₉	Número de canais	
J ₂₀	Tempo	Aduana
J ₂₁	Fluxo	
J ₂₂	Número de canais	

Além disso, algumas informações adicionais foram coletadas dos respondentes para que pudessem caracterizar o seu perfil: quanto ao tipo de voo (doméstico ou internacional); quanto ao tipo de transporte utilizado para acesso ao aeroporto (público ou privado); quanto ao motivo da viagem (lazer, trabalho ou outro); quanto à forma de realização do *check in* (pela internet, através dos tótems em regime de autoatendimento ou pelos balcões tradicionais); quanto à frequência da viagem nos últimos 12 meses (rara, média ou frequente) e quanto a antecedência de chegada no aeroporto. A ideia é a de correlacionar os resultados obtidos com o perfil e verificar se existe alguma associação entre a percepção média e a característica do passageiro.

Tabela 3. Indicadores qualitativos

Elemento	Indicador
1. Acesso	Transporte público
	Instalações de estacionamento de veículos
	Custo do estacionamento
	Disponibilidade de <i>trolleys</i>
	Disponibilidade de meio-fio
	Disponibilidade de táxi
2. <i>Check in</i>	Tempo de fila no totem
	Tempo de fila no balcão

Alves et al – Avaliação de Desempenho de Aeroportos para Identificação de Benchmarking

	Eficiência dos funcionários
	Atendimento / cordialidade
3. Emigração	Tempo de fila na emigração
	Atendimento / cordialidade
4. Inspeção de Segurança	Atendimento e cortesia
	Rigor
	Tempo de fila para inspeção
	Sensação de segurança
5. Imigração	Tempo de fila na imigração
	Atendimento / cordialidade
6. Aduana	Tempo de fila na aduana
	Atendimento / cordialidade
7. Instalação Aeroportuária	Facilidade de circulação no terminal
	Painéis informativos de voo
	Distância percorrida no terminal
	Facilidade para realizar conexões
	Atendimento / cordialidade dos funcionários
	Instalações de alimentação
	Valor pago para alimentação
	Disponibilidade bancos e câmbios
	Estabelecimentos comerciais
	Valor pago nas lojas
	Internet / <i>wifi</i>
	Salas VIP
	Disponibilidade dos sanitários
	Limpeza dos sanitários
	Conforto na sala de embarque
	Velocidade na restituição de bagagens
	Integridade das bagagens
8. Ambiente Aeroporto	Limpeza geral do terminal
	Conforto térmico do terminal
	Conforto acústico do terminal
9. Satisfação geral	Satisfação geral com o aeroporto

Determinação dos aeroportos a serem pesquisados

O escopo estabelecido foram os 15 aeroportos que atendem às cidades envolvidas com a Copa do Mundo da FIFA: Manaus, Fortaleza, Natal, Recife, Salvador, Brasília, Belo Horizonte, Rio de Janeiro (Galeão e Santos Dumont), São Paulo (Campinas, Guarulhos e Congonhas), Curitiba, Porto Alegre e Cuiabá. Suas localizações estão mostradas no mapa da Figura 1.

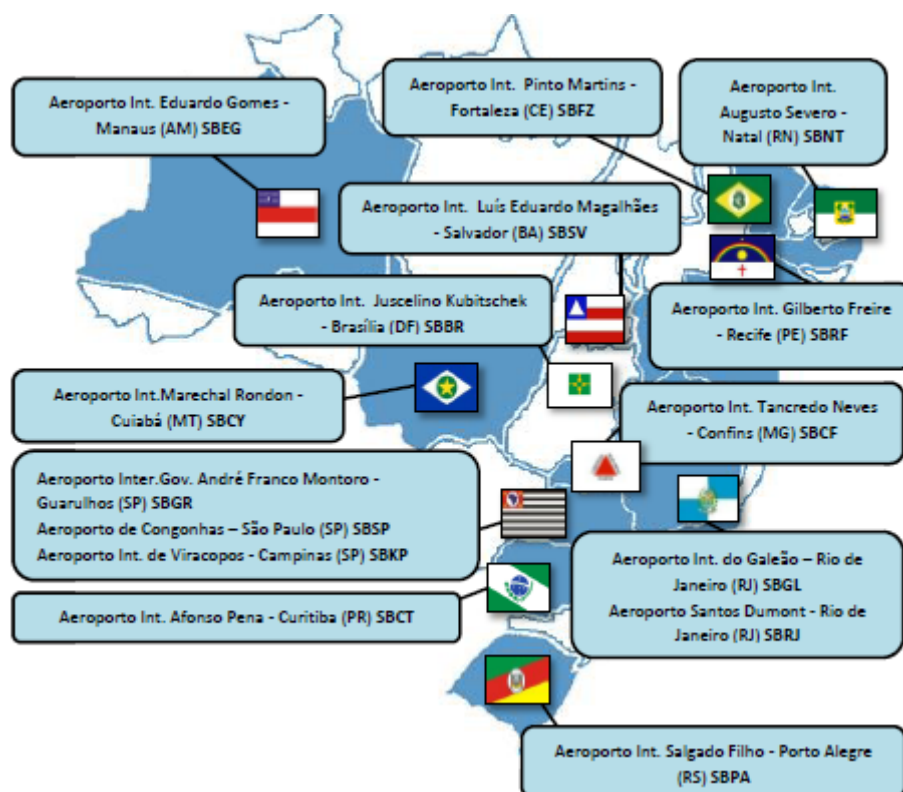


Figura 1. Aeroportos participantes da pesquisa

Estabelecimento dos procedimentos de coleta, períodos e tamanhos de amostra

Através de uma licitação pública foi estipulada uma proposta para coleta dos dados quantitativos e dos qualitativos (dentro da sala de embarque somente). A empresa ganhadora deveria elaborar um manual com a descrição da metodologia para obtenção dos indicadores listados no edital.

O período de realização das coletas deveria ser contínuo e com duração de um ano: dezembro de 2012 a novembro de 2013.

Os tamanhos das amostras deveriam garantir a representatividade do universo de usuários. Garantindo-se que a quantificação e a distribuição das entrevistas não sejam apenas aleatórias, mas que sejam satisfatoriamente representativas. Utilizou-se a Planilha de Horário de Transporte - Hotran sobre assentos disponibilizados por companhia aérea para cada dia da semana e em cada aeroporto. Para cálculo de tamanho da amostra, considerou-se o nível de confiança de 95% e o erro máximo amostral de 5%, garantindo que a distribuição amostral e das entrevistas sejam mais representativas e apresente o movimento dos aeroportos como o mais fiel em relação à realidade. As entrevistas dos instrumentos da pesquisa qualitativa foram distribuídos ponderadamente para cada companhia aérea, no horário de maior fluxo de passageiros. Vale destacar que a estratificação tem a função de garantir a representatividade da amostra e o número de entrevistas espelha exclusivamente o peso de cada estrato na realidade de cada aeroporto. Ressalte-se que, no estrato dos voos internacionais tanto no embarque quanto no desembarque, para os aeroportos com baixo fluxo de passageiros, utilizou-se outro cálculo amostral com nível de confiança também de 95% mas com erro máximo amostral de 8% ou 10%, segundo o movimento de voos e passageiros de cada aeroporto. Justifica-se este fato pela dificuldade operacional e técnica de coleta de dados. O aspecto principal que dificulta a aplicação de um alto número de questionários reside na baixa representatividade da quantidade do número de voos internacionais (17% do volume total), quando comparados com os outros dois aeroportos – Guarulhos (SP) e Galeão (RJ) – que detêm 83% do movimento dos voos internacionais no Brasil. Segundo Mattar (1997, p. 313), a decisão de como proceder com a definição de amostragem deveria levar em consideração os objetivos do estudo, a precisão desejada, o tempo e os recursos disponíveis. Segundo esse autor, o pesquisador elaboraria um plano amostral de forma a obter a melhor eficiência possível,

não existindo uma forma pré-determinada. Essa foi a política adotada frente a empresa ganhadora da licitação.

Realização da coleta e Montagem das planilhas

Estas duas etapas estão em andamento. De fato, os dados obtidos em dezembro de 2013 sofreram as interferências de diversos problemas operacionais: falta do devido treinamento dos pesquisadores, dificuldades dos pesquisadores de se posicionarem em diversas áreas, notadamente naquelas com acesso restrito (para a medição do desempenho desses setores), não uniformização no tratamento de diversas questões envolvidas etc. Em função dessas dificuldades, que foram gradativamente sendo sanadas, não se consideraram os resultados obtidos no mês de dezembro de 2012.

Análise dos resultados e Identificação dos melhores desempenhos

Essa etapa está em andamento. Algumas partes são reveladas na sequência desse artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes de mostrar os resultados alcançados cabem algumas considerações preliminares. Durante a verificação de consistência foram observadas situações de incoerência. Por exemplo: tempos de chegada posteriores aos de saída do setor. Tais casos serviram para a desconsideração desses dados coletados. Por isso, o mês de fevereiro teve prejudicada sua utilização ao se observarem diversas inconsistências. Como primeira apreciação, buscou-se correlacionar as médias das percepções com as medições médias obtidas em cada setor. Os principais resultados aqui têm por base os dados qualitativos referentes aos 3 primeiros meses de janeiro, março, abril e maio de 2013 e os dados quantitativos medidos em abril e maio de 2013. Ressalte-se que não houve necessariamente a coincidência de se obter as avaliações qualitativas do mesmo grupo amostral em que se fizeram as medidas quantitativas. O resultado portanto caracteriza as percepções médias dos resultados coletados.

Os resultados tratados nesse artigo se referem a: Check in (Balcão e Totem); Inspeção de Segurança e Restituição de Bagagens. Alguns associados a apreciação geral.

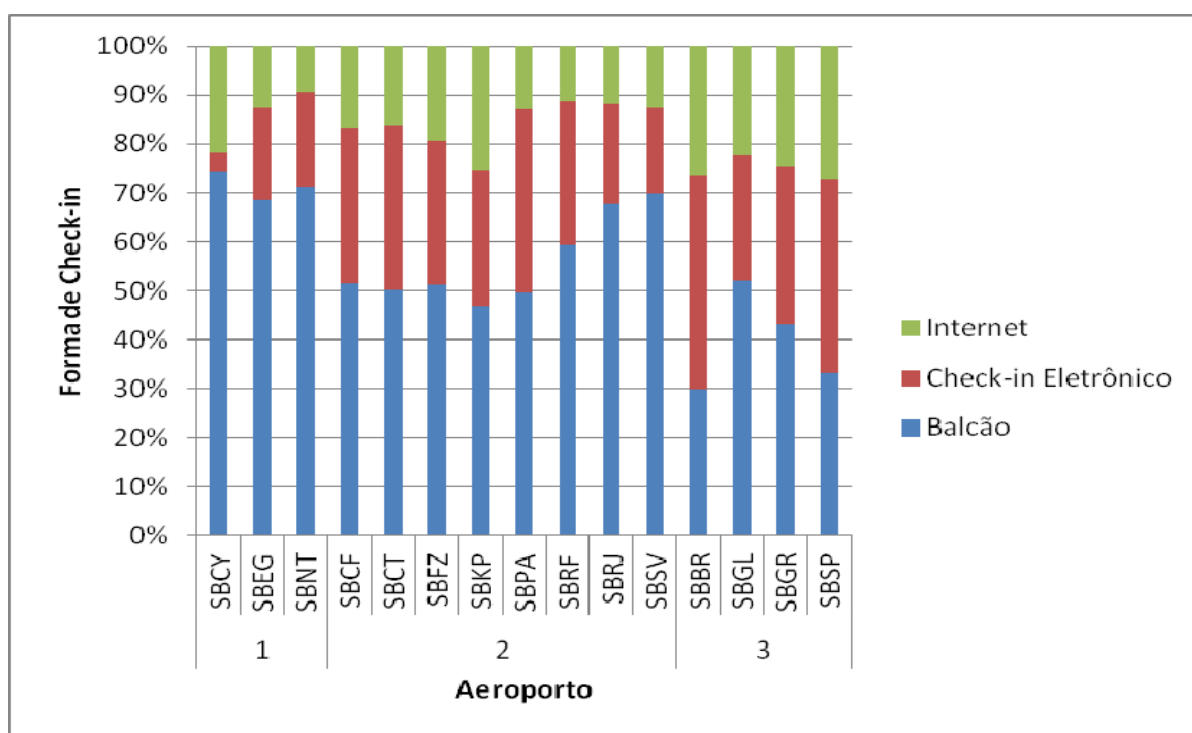


Figura 2. Formas de check in

O *check in* eletrônico (auto-atendimento) é também denominado de totem. Cuiabá (SBCY), Manaus (SBEG) e Natal (SBNT) ainda operam, predominantemente, com o uso do tradicional balcão de atendimento para as atividades de *check in*. Brasília (SBBR), Congonhas (SBSP) e Guarulhos (SBGR) têm o maior uso de tótems e da internet, como pode-se observar na Figura 2.

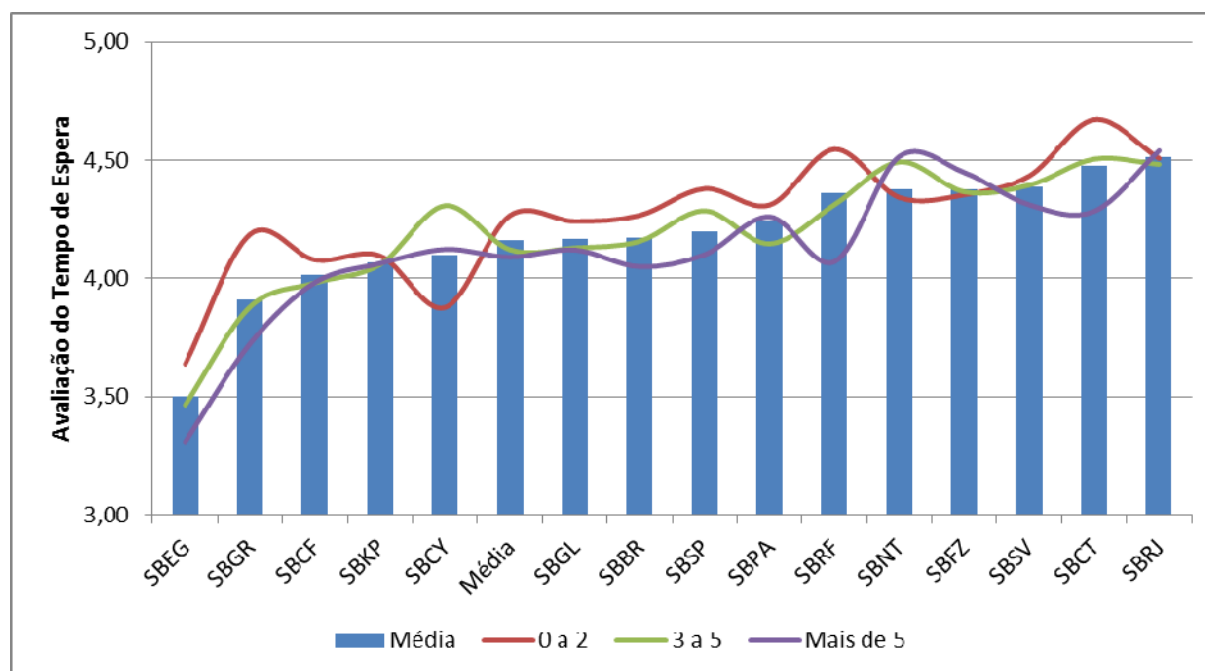


Figura 3. Correlação entre avaliação de check in e experiência do passageiro

Observa-se na Figura 3 que os passageiros mais inexperientes, com frequência de viagens aéreas anuais menor que 2, tendem a ser mais generosos na avaliação que passageiros frequentes, mais conhecedores do ambiente aeroportuário. A exceção a essa regra pode ser detectada em Cuiabá (SBCY) e em Natal (SBNT). Mas a variação média das opiniões dentre as amostras com maior ou menor experiência não se mostra significativa.

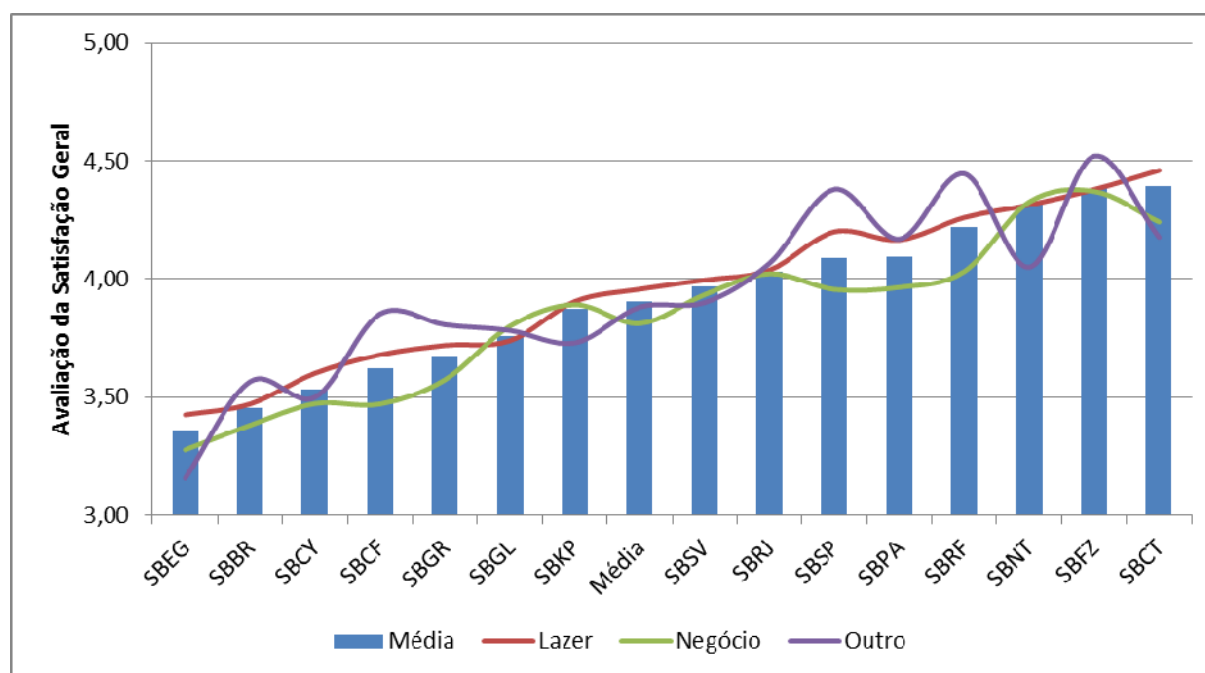


Figura 4. Satisfação geral e motivo de viagem

Alves et al – Avaliação de Desempenho de Aeroportos para Identificação de Benchmarking

A Figura 4 mostra uma tendência do passageiro que viaja a lazer ser menos exigente que o passageiro que viaja a trabalho. Isso apenas não se verificou no Aeroporto do Galeão (SBGL).

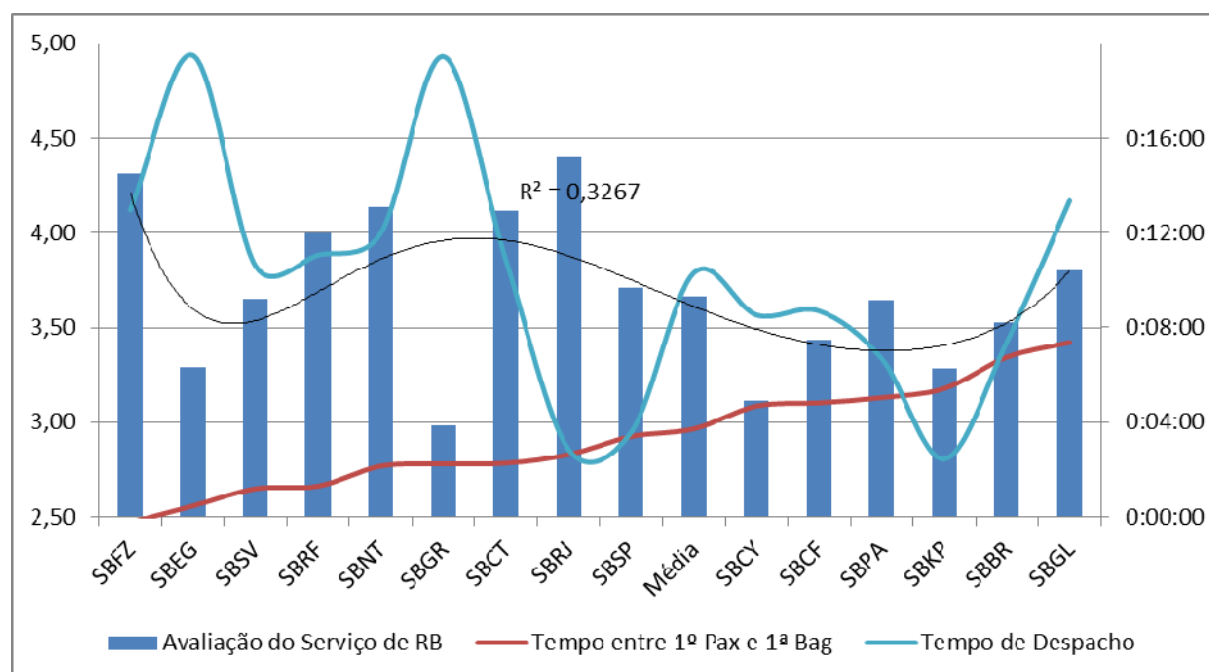


Figura 5. Avaliação do setor de restituição de bagagens

A Figura 5 mostra, em ordem crescente do intervalo entre a chegada do primeiro passageiro no setor e da primeira bagagem disponível na esteira da área de restituição, as avaliações qualitativas obtidas (médias de percepções), bem como o tempo de despacho (intervalo entre a primeira bagagem disponível na esteira e a última). Pode-se observar que a relação entre tempo de espera e percepção de qualidade não apresentam correlação. Coeficiente R^2 baixíssimo. Isso pode ser verificado nas diversas tentativas de correlação entre a percepção fornecida pelo passageiro e o tempo medido nos procesos dos demais setores.

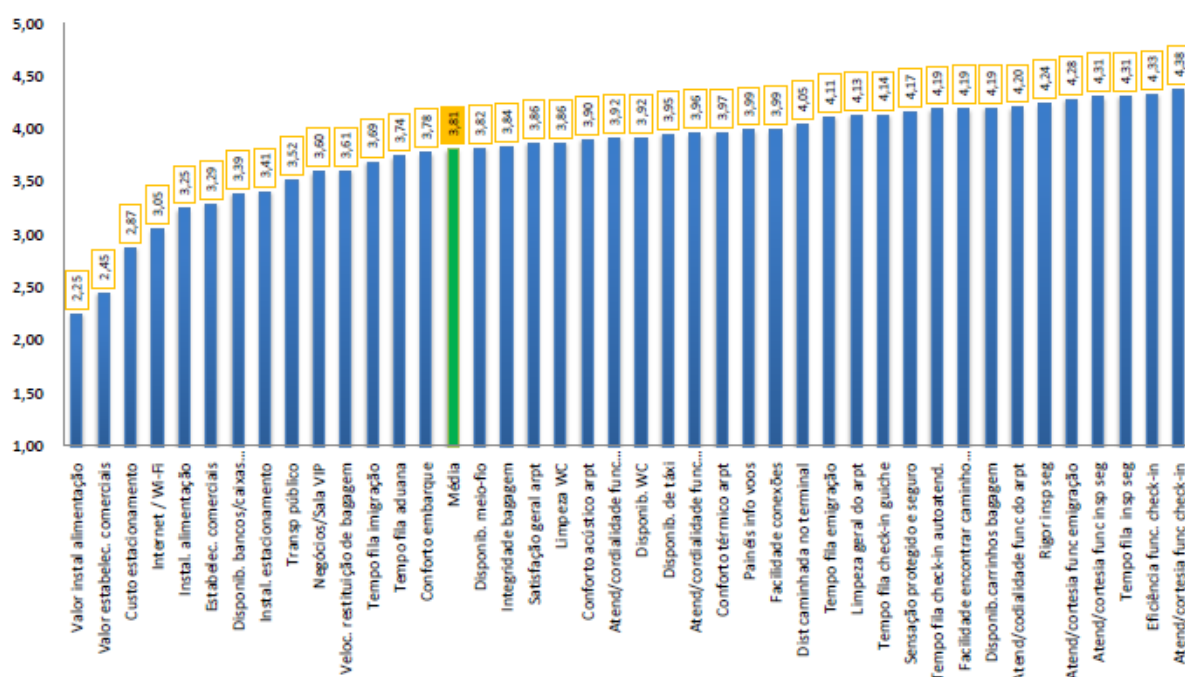


Figura 6. Médias obtidas pelos indicadores

A Figura 6 mostra as médias obtidas pelos indicadores qualitativos, dentre os 15 aeroportos pesquisados, ao final dos primeiros 3 meses de coleta. Os indicadores associados a preços e à disponibilidade de Internet são os mais mal avaliados. Os relativos aos setores de inspeção de segurança e do *check in* mostraram melhores avaliações média.

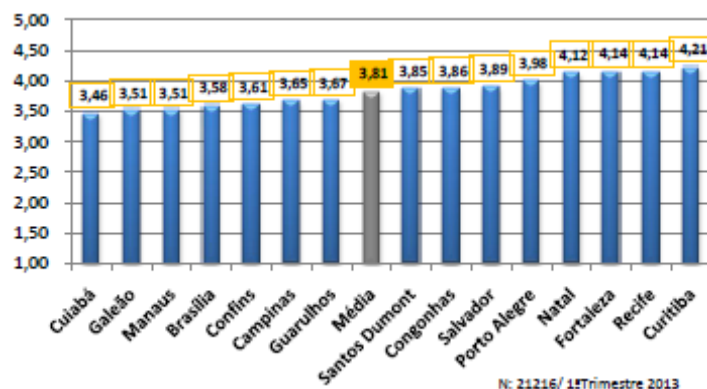


Figura 7. Médias obtidas pelos aeroportos

Na Figura 7 estão os resultados obtidos (média das avaliações qualitativas de todos os indicadores) pelos 15 aeroportos. Cuiabá (SBCY), Galeão (SBGL) e Manaus (SBEG) são os mais mal avaliados enquanto Fortaleza (SNFZ), Recife (SBRE) e Curitiba (SBCT) sofreram as melhores avaliações médias. Esses resultados estão baseados nas coletas de janeiro a março de 2013.

CONCLUSÕES

Esses resultados preliminares já indicam, por setor, aqueles aeroportos que recebem uma avaliação mais favorável e podem ser utilizados pelas autoridades como referencia para os demais aeroportos. Portanto o processo utilizado serve para a identificação de *benchmarking* para os diversos setores nos aeroportos.

Com a continuidade das pesquisas qualitativas, os gestores e as autoridades podem acompanhar as variações nas percepções dos usuarios, através dos indicadores, com as alterações que se produzam no sistema. Medidas que venham a ser introduzidas na operação poderão ser avaliadas pelas repercussões que possam refletir no resultado das pesquisas.

No entanto, os resultados dos indicadores quantitativos não mostraram correlação com as percepções reveladas pelos usuarios (indicadores qualitativos). Isso pode estar representar que a percepção dos usuarios depende não apenas do serviço oferecido mas também de outros aspectos como o perfil e circunstâncias (culturais, emocionais etc) que, eventualmente, não possam ser percebidas durante a coleta.

O Comitê de Desempenho da CONAERO com a realização e divulgação dos resultados dessa pesquisa pretende municiar os gestores aeroportuários de um instrumento que identifique as melhores práticas e contribua para a melhoria do sistema aeroportuário brasileiro.

REFERENCIAS

- [1] ACI, “*Airport Service Quality: Measuring Delivered Levels of Service*”. 2012 Programme. DKMA, Washington, USA, 2012.
- [2] ACI, “*Airport Service Quality: Benchmarking the Global Airport Industry*”. 2012 Programme. DKMA, Washington, USA, 2012.
- [3] ACI, “*Airport Service Quality Performance: Brazilian Case*”. 2012 Programme. DKMA, Washington, USA, 2012.

Alves et al – Avaliação de Desempenho de Aeroportos para Identificação de Benchmarking

- [4] Gobierno de Chile, “*Satisfacción y Calidad de servicio Percibido en Aeropuertos Concesionados*”, DGOP, Chile, 2010.
- [5] Mattar, Fauze Najib, “Pesquisa de Marketing”. Atlas, São Paulo, Brasil, 1997.
- [6] McKinsey & Company, “Estudo do Setor de Transporte Aéreo no Brasil”, ISBN 978-85-63579-00-3, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.
- [7] Praxian, “Plano de Trabalho”, Referente ao Pregão Eletrônico 03/2012 da SAC, São Paulo, Brasil, 2012.

LA EXPERIENCIA DE INTERNATIONAL AIRLINES GROUP Y SUS REPERCUSIONES PARA IBERIA

F. J. Antón Burgos

Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid, C/Profesor Aranguren s/n, Facultad de Geografía e Historia, 28040 Madrid, España

Email: franjavi@ghis.ucm.es

RESUMEN

El inacabado proceso de fusión de British Airways e Iberia en el consorcio International Airlines Group (IAG), se inicia en enero de 2011 e incluye hoy a la compañía Vueling e Iberia Express. IAG Se configura como el tercer grupo aeronáutico más importante de Europa y sexto a nivel mundial si se tiene en cuenta el ranking de ingresos, habiendo transportado en el último año 69 millones de pasajeros, disponiendo de 230 destinos con una flota de 377 aeronaves.

La fusión entre British Airways e Iberia, que tiene como plazo de finalización a 2016, presenta una acusada disimetría en sus planteamientos tanto como en la forma de regir y planificar la vida operativa de ambas unidades, hecho que está siendo fuertemente contestado desde diversas instancias como lobbies políticos, analistas e investigadores, medios sindicales, inversionistas o plataformas de afectados.

En suma, todo un cúmulo de despropósitos y efectos negativos para Iberia una vez producida está primera fase de fusión en el holding IAG. En el trabajo se hace una valoración crítica de todo el proceso y lo que resta de la consecución del mismo, así como de las cláusulas de salvaguarda incumplidas y de otras tantas prácticas que en este momento están siendo denunciadas en los tribunales.

Palabras clave: Experiencia. International Airlines Group. Repercusiones. Iberia. Fusión

ABSTRACT

The unfinished fusion process between British Airways and Iberia into the society International Airlines Group (IAG), begin since february of 2011 including at present day Vueling and Iberia Express Airlines. IAG are set up like third air ensemble the most important of Europe and sixth in global level according to income ranking, transporting last year 69 millions of passengers, disposing 230 places of destination and a fleet with 377 planes.

British Airways-Iberia fusion, has a main term for finalisation 2016, presenting a deep dissymmetry on strategic approaches as much the general regulatory framework for their activities and planning applied on operating live in both airlines, with wrong answer by political lobbies, analysts and researchers, workers unions, investors and affected platforms.

In summary, there is a host of absolute nonsense and negative effects by Iberia since first fusion phase in IAG holding. The aim of this paper is to make a critical appraisal for all process and the rest of the setup process, such us broken safeguard clauses and many practices denounced just now on the spanish courts.

Key words: Experience. International Airlines Group. Repercussions. Iberia. Fusion.

INTRODUCCIÓN

La creación del consorcio International Airlines Group (AIG) a partir de la fusión de British Airways e Iberia, pone de manifiesto un particular proceso de asociación - en el que como podrá comprobarse más adelante - se están primando descaradamente los intereses de la primera frente a los de la compañía española. Tal como se ha puesto de manifiesto en distintos documentos [2], [16] y [17], Iberia presentaba balances económicos positivos desde 1996 hasta 2008, y ya a partir del 2009 con la nueva dirección de Antonio Vázquez bajo la órbita de British Airways, el balance se salda con pérdidas. Hasta esa fecha Iberia cuenta con una caja que ha oscilado entre los 2.165 y los 2.500 millones de euros, e incluso fue cotizada en bolsa por encima de esas cifras, hecho que ocurre en el trienio que va de 2009 a 2011. La compañía inglesa en 2009 registró pérdidas por un importe de 401 millones de libras equivalentes a 493 de euros, pidiendo a sus empleados que renunciaran incluso a sus emolumentos entre una semana y un mes. Mientras que British Airways presenta una situación económica acuciante Iberia obtenía ostensibles números positivos en sus cuentas.

Otro de los capítulos que lastran los balances de British Airways es el que se refiere a los planes de pensiones de sus empleados a aportar por parte de dicha compañía, arrojando un déficit de 4.200 millones de euros. En la primavera de 2009 la situación financiera de British Airways hace que el ritmo de las negociaciones de fusión se ralentice, con serias advertencias por parte de la Comisión Nacional del Mercado de Valores en cuanto al riesgo que entrañaba para la compañía española su fusión con la operadora británica (http://media.corporate-ir.net/media_files7IROL/69/694997IAG_Document).

Todo ello se resume brevemente en un cuadro de relaciones que se incluye en la Tabla 1.

Tabla 1. Situación comparativa de ambas compañías antes de la fusión en IAG (2009) y algunos datos posteriores

Situaciones comparativas de British Airways e Iberia antes de la fusión en IAG	
British Airways	Iberia
Balance económico 2008: - 875 mll/€	Balance económico 2008 (Caja): + 2.278 mll/€
Balance económico 2009: + 800 mll/€	Balance económico 2009: - 300 mll/€
Beneficios netos en 2010: 28/€	Beneficios netos en 2010: 60 mll/€
Caja a 31.3.2010: 967 mll/€	Caja a septiembre/2012: 1074 mll/€

Fuentes: Balances Económicos de British Airways (1.4.2008 a 31.3.2009) e Iberia (2009) y www.eleconomista.es

Durante el verano del mismo año se produce el cambio en la presidencia de Iberia. Conte, anterior presidente, es sustituido por Vázquez, vinculado a Deloitte (auditora de Iberia) y Sánchez Lozano es designado como Consejero Delegado, procedente de Caja Madrid hoy Bankia, que era la accionista mayoritaria en ese momento en Iberia. En noviembre se firma un acuerdo preliminar de fusión, cerrado en abril de 2010. En ese contexto cabe señalar que el gobierno inglés cancela las inversiones para construir una tercera pista en Heathrow, acrecentando así los problemas de saturación en dicho aeropuerto londinense; en septiembre Vázquez firma un acuerdo acerca de los planes de pensiones de los empleados de British Airways y los directivos de IAG aumentan sus sueldos en un 57 %, produciéndose el canje de acciones entre las dos compañías para la conformación de IAG, con un resultado del 56 % para IAG vinculada a British Airways y un 44 % para IAG vinculada a Iberia, momento a partir del cual la parte británica del consorcio empieza a ser descaradamente primada frente a la antigua matriz española. Valga como ejemplo el tráfico registrado en septiembre de 2011: British Airways aumenta su pasaje en aeropuertos españoles un 23 % de enero a agosto de dicho año respecto al de 2010, e Iberia sólo crece un 15 % en ese mismo mercado.

En diciembre de 2011, IAG compra British Midland (BMI Meanline) a Lufthansa con 207 millones de euros procedentes de la caja de Iberia e integra al personal de dicha compañía en British Airways absorbiendo sus 54 pares de slots en Heathrow, manteniendo así sus planes de expansión en un primer detrimento de Iberia. La pregunta es la siguiente: ¿cómo se produce tal compra si British Airways no tenía recursos suficientes en los años anteriores?. Diversas fuentes apuntan ya a un vaciado de la caja de Iberia para cubrir parte de los déficits derivados de los fondos de pensiones de British Airways, de la compra de British Midland y como soporte para la renovación de parte de su flota, en tanto que la de Iberia cae en una evidente obsolescencia que llega hasta el día de hoy, mientras que otros competidores renuevan la suya como Lufthansa con una compra de 59 aviones por importe de 14.000 millones de Euros, Easiyet con la compra de 135 aviones por un total de 9.000 millones o Ryanair con la adquisición de 174 aviones por un monto de 11.650 millones de euros.

Iberia queda condenada por IAG a seguir operando con una flota poco eficiente al tener en muchos casos una capacidad inadecuada, y en otros, por contar con motores que consumen una media de un 15 % más con respecto a las nuevas aeronaves que están saliendo ya al mercado como los A320neo, A.350-900, los B777-9x o los B737-800.

Mientras que la renovación de flota de Iberia en número y modelos queda aparcada por el momento, la dirección de IAG ha estimado oportuna la compra de 120 aviones de la familia A320 para el corto radio de la compañía Vueling integrada en Iberia (que ahora opera con 70 aeronaves), 62 como pedido en firme (32 A320ceo y 32 A320neo) y el resto como opción, por un importe de conjunto que asciende a 15.000 millones de euros.

La cronología de hechos ocurridos durante 2012 va a marcar poderosamente la evolución recesiva de la compañía española dentro del holding IAG. En enero Vázquez publicita la creación de una compañía low cost, Iberia Express, so pretexto de que los vuelos de corto y medio radio son deficitarios en Iberia, señalando además que ello no afectaría al empleo ni a las condiciones de trabajo de la plantilla de Iberia, hecho que a posteriori se ha comprobado totalmente falso, ya que precisamente la puesta en marcha de dicha nueva compañía coincide con una intensa regresión de tráfico en Iberia, la salida de casi tres mil de sus empleados y una merma en la flota de aeronaves de la citada compañía, en tanto que Iberia Express acrecienta su flota, aumenta su plantilla con personal externo al de la matriz Iberia (con condiciones salariales mucho más bajas e incremento de su productividad), suponiendo por otra parte uno de los principales frentes de fricción con el sindicato de pilotos (SEPLA), que determina un laudo dictado en el mes de abril, impugnado luego por Iberia.

A finales de este mismo mes Deloitte no ratifica las cuentas de Bankia en 2011, produciéndose un sonoro escándalo financiero que determina la nacionalización de dicho banco, por lo que el estado español sumando las acciones de Bankia en IAG (12 %) y sus otras acciones en la sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI) (2,7%), se convierte en el inversor estratégico con mayor carácter determinante en el accionariado de IAG. A finales de 2011 Iberia traslada varios cientos de millones de euros depositados en Bankia a grupos financieros británicos, descapitalizando buena parte de su presencia en bancos españoles.

Llama igualmente la atención que las cúpulas de IAG, British Airways e Iberia se repartan entonces 7,2 millones de euros en derechos sobre las acciones del holding, mientras que plantean fuertes recortes de empleo (22,5 % de la plantilla, alrededor de 4.500 efectivos) y notables reducciones salariales (25-35% de los sueldos medios).

En noviembre de 2012, British Airways suma valores positivos en sus balances económicos, equivalentes a las pérdidas de Iberia en el mismo período (1,7 millones de euros diarios, según su presidencia). British obtuvo 286 millones de euros e Iberia pérdidas de 262. Otras acciones lexivas para Iberia derivan de la cancelación de un 13 % de sus vuelos en 2013 y la supresión de 25 de sus aeronaves, parte de ellas destinadas a operar en Iberia Express o Vueling.

La presentación cronológica de los hechos descritos ayuda a comprender mejor lo que parece tratarse de un proceso premeditado de desmantelamiento de Iberia, a favor de los intereses de British Airways dentro del consorcio International Airlines Group, en el que la compañía británica cuenta con un valor decisivo de 5 frente a 4 puestos en la cúpula ejecutiva del holding, por lo que las notables diferencias en las formas de gestión de ambas partes del consorcio auguran un negro porvenir para la parte española del mismo.

METODOLOGÍA

La situación enunciada a título introductorio será analizada a partir de varios elementos que la constituyen tales como la evolución económica, la del tráfico aéreo, las pautas de gestión empresarial dentro de IAG, así como el componente sociopolítico asociado, cuyo protagonismo se ha hecho evidente en múltiples facetas de la evolución del holding.

La evolución de las rutas de tráfico de pasajeros, carga aérea, cuentas financieras y gestión empresarial serán analizadas bajo una doble óptica, pormenorizada en cada unidad del holding y mediante un estudio analógico entre ambas partes del mismo.

Una parte a valorar en los resultados del trabajo, se refiere a posibles propuestas que puedan redundar en un mejor y más leal equilibrio entre los dos componentes del holding, criterios fuertemente demandados tanto por inversionistas, lobbies políticos, sindicatos de trabajadores, expertos sectoriales y opinión pública española en general, muy preocupados por las repercusiones ulteriores en la actividad económica del país, en los impactos que ya afectan a la conectividad doméstica e internacional o los efectos negativos sobre el sector turístico español.

El estudio de de todos los componentes mencionados supone la base analítica y analógica, concretada en valoraciones deductivas de hechos comprobados y en aproximaciones inductivas de procesos futuros derivados de la actual situación.

EVOLUCIÓN DEL HOLDING IAG Y PRÁCTICAS DESIGUALES DENTRO DE ESTE

Desde que ocurre la fusión real de ambas compañías, se han identificado diferentes hechos a destacar, entre ellos, los referidos a la práctica operativa en cada una de las dos, como evidencia contrastada de lo que se pretende desde la cúpula ejecutiva de IAG.

La información inserta en la Tablas 2 y 3 es muy elocuente en ese sentido. Iberia desde la fusión cancela 4 rutas, otras 10 en un futuro inmediato, cede total o parcialmente 15 rutas domésticas y otras 5 internacionales a Air Nostrum e Iberia Express, y tan sólo se plantea la apertura de 3 nuevas rutas a destinos en los que se prevé un bajo índice de ocupación, en tanto que British Airways elimina tan sólo 2 rutas, aplica pequeñas reducciones de frecuencias en otras 3, aumenta frecuencias en 13 rutas internacionales y pretende abrir 2 nuevas rutas domésticas y 6 internacionales que suman 72 frecuencias semanales.

Cancelaciones, cesiones de rutas a otras compañías y reducción de frecuencias marcan la tónica en la evolución de la política operativa de Iberia, en tanto que British Airways destaca en la apertura de nuevas rutas domésticas e internacionales, con aumentos de frecuencias a diferentes destinos, muy significativos en casos como los de Londres-

Boston o Londres-Los Ángeles, todo ello como consecuencia de las políticas monográficas designadas desde IAG para ambas compañías. Salta a la vista el carácter expansivo de la actividad de British Airways, frente al recesivo y liquidacionista esgrimido para Iberia.

IAG lleva a cabo desde el momento de la fusión un proceso de abandono de rutas de Iberia en el corto y medio radio, que han pasado a ser explotadas por Iberia Express. Como indicador significativo se deben referir las instrucciones de IAG para la cesión por parte de Iberia a Iberia Express de 200 vuelos en marzo de 2012, ascendiendo la cifra a 2.174 en septiembre del mismo año, violando cualquier norma de precios de transferencia o justiprecio, ya que aunque compartan el código la práctica totalidad del billete se vende a través de la red comercial de Iberia, no conociéndose la forma de reparto de ingresos y gastos, la absorción de costes por incidencias sobrevenidas, y lo que es más grave, se desconocen las tablas input-output de la filial de bajo coste en lo relativo a personal, handling o mantenimiento técnico de aeronaves.

La cesión de rutas a Air Nostrum, Vueling e Iberia Express en su conjunto, está suponiendo en la práctica una verdadera sangría para la matriz Iberia en lo relativo al número de pasajeros, que de acuerdo con las estadísticas de tráfico del organismo oficial Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA) ha supuesto la pérdida del 46 % del volumen de pasaje registrado por la compañía de 2006 a 2012, equivalente a una reducción de 2.4 a 1.3 millones de pasajeros. Todo ello se acentúa en el corto radio, en el cual Iberia ha perdido del orden del 70 % de sus tradicionales clientes, hasta llegar a un horizonte del 18 % menos en su load factor.

Mientras que la cúpula de IAG en las dos últimas asambleas de accionistas celebradas en Madrid, quiere presentar a Iberia como un lastre para el holding, los datos desagregados del ejercicio económico de 2012 desmienten buena parte de esos planteamientos.

Lo contenido en la Tabla 4 pone de manifiesto la aseveración hecha tanto en los coeficientes de ocupación, como en los ingresos por pasaje AKO y PKT, las ratios comparativas entre flota disponible/total ingresos o gastos de combustible/AKO, en los cuales se puede observar que en muchos de esos conceptos existen valores próximos, pese a la diferencia de escala por ejemplo en el número de la flota de aviones o en el volumen de empleados de cada una de las dos compañías. Valgan como ejemplos los siguientes comentarios:

British Airways cuenta con una flota integrada por 273 aeronaves, es decir, el 72,4 % de la flota total del Grupo, en tanto que Iberia dispone de 104, equivalentes al 27,5 % del conjunto de la flota de IAG. Una desigualdad operativa destacada.

Esa fuerte disimetría entre las tres cuartas partes y una cuarta parte de la flota de British Airways y de Iberia, debiera marcar cifras mucho más rotundas en la comparativa, que luego tampoco se ponen tan de manifiesto en ratios como el coeficiente de ocupación en el que Iberia supera a British Airways o el coste de combustible/AKO con valores muy próximos cercanos a los 3 puntos entre ambos operadores. Lo mismo ocurre con el total de los ingresos, en los que los registrados por Iberia (4.811 millones de euros),

Tabla 2. Evolución de las rutas de Iberia y British Airways desde la fusión en IAG: cancelaciones, cesiones y reducción de frecuencias

	Rutas canceladas	Rutas con cancelación prevista	Rutas domésticas cedidas (Total o parcialmente)	Rutas internacionales cedidas	Reducción de frecuencias semanales
<u>Iberia</u>	Madrid-Córdoba (Arg.) Madrid-Johannesburgo Madrid-Recife-Fortaleza Madrid-San Juan Madrid-Washington	Madrid-Amsterdam Madrid-Atenas Madrid-Berlín Madrid-Cairo Madrid-Estanbul Madrid-Estocolmo Madrid-La Habana Madrid-Montevideo Madrid-Puerto Rico	Madrid-Alicante Madrid-Gran Canaria Madrid-Fuerteventura Madrid-Granada Madrid-Ibiza Madrid-Jerez Madrid-Lanzarote Madrid-Málaga Madrid-Mallorca Madrid-Menorca Madrid-Santiago Madrid-Sevilla Madrid-Tenerife Madrid-Vigo	Madrid-Copenhague Madrid-Dublín Madrid-Düsseldorf Madrid-Frankfurt Madrid-Nápoles Madrid-Rabat Madrid-Tanger	Madrid-Chicago Madrid-La Habana Madrid-Los Ángeles Madrid-Montevideo Madrid-Nueva York
<u>British Airways</u>	París-Newark Antigua-San Juan	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Londres-Delhi (13-14) Londres-Nueva York (7-8) Londres-Tokyo (2-5)

Fuente: Iberia Timetables (varios formatos), British Airways Timetables (varios formatos),
<http://airlineroute.net>, <http://www.expansión.com>, y www.preferente.com

**Tabla 3. Evolución de las rutas de Iberia y British Airways desde la fusión en IAG:
nuevas rutas y aumento de frecuencias**

	Apertura de nuevas rutas domésticas	Apertura de nuevas rutas internacionales (frecuencias semanales)	Aumento de frecuencias
<u>Iberia</u>	Ninguna	Gran Canaria-Nouackchott (SD) Madrid-Accra (SD) Madrid-Luanda (SD) (SD= sin datos)	Ninguna
<u>Britis Airways</u>	Londres-Leeds (14) Londres-Bradford (14)	Londres-Lanzarote (2) Londres-Monrovia (3) Londres-Seúl (6) Londres-Tenerife (5) Londres-Rotterdam(21) Londres-Zagreb (7)	Londres-Amman (4) Londres-Boston (7) Londres-Chennai (1) Londres-Hyderabad (1) Londres-Jeddah (2) Londres-Johannesburgo (3) Londres-Las Vegas (3) Londres-Luanda (1) Londres-Los Ángeles (21) Londres-México (1) Londres-Río de Janeiro (1) Londres-Toronto (3) Londres-Vancouver (5)

Fuente: Iberia Timetables (varios formatos), British Airways timetables (varios formatos), <http://airlineroute.net>, <http://www.expansión.com>, y www.preferente.com

comparativamente vienen a superar en la relación de tamaño empresarial los obtenidos por British Airways (13.317 millones de euros), o lo que se aprecia incluso con los costes unitarios en los que la compañía española presenta valores casi idénticos (menos de 1 punto), pese a las evidentes diferencias entre los respectivos tamaños empresariales de los dos operadores.

En otro orden de cosas la ratio de los costes de personal por empleado es francamente favorable a la compañía española (64.963,40 euros) frente a los de la compañía británica (82.458,98 euros). Si se toma como referencia la media del coste por empleado de IAG (76.401,28 euros), Iberia es un 11,5 % menos costosa en ese apartado, mientras que British Airways sería un 6,1 % más cara en el mismo.

A partir de este criterio es muy difícil poder justificar la necesidad de los severos ajustes salariales practicados en Iberia, así como los más de 3.000 despidos ya efectuados y los 4.500 anunciados en su día para el período 2013-2014, máxime cuando al mismo tiempo se están efectuando contrataciones de personal en Vueling e Iberia Express muy por debajo de la media de los actuales emolumentos del personal de la matriz Iberia.

Completando la perspectiva de ratios si se comparan los valores en los capítulos de ingreso pasaje asientos/Km ofertados AKO, ingreso pasaje pasajeros/km transportados PKT, total ingresos o yield, tampoco se evidencia tanto la diferencia entre la entidad empresarial de los dos integrantes de IAG, pese a que por su mayor volumen British podría aprovechar más singularmente la recursividad de las economías de escala que por

Tabla 4. Algunas ratios de explotación del Grupo IAG (2012)

	IAG	Iberia	British Airways
Aeronaves en servicio al final del ejercicio 2012	377	104	273
Ingreso pasaje (€/1000 Km) Asientos/Km ofertados AKO	219.172	60.925	158.247
Ingreso pasaje (€/1000 Km) Pasajeros/km transportados PKT	87,04	73,39	92,41
Coefficiente de ocupación %	80,3	81,5	79,9
Total ingresos (mll/€)	18.128	4.811	13.317
Gastos de personal (mll/€)	4.552	1.340	3.212
Gastos de combustible (mll/€)	6.097	1.531	4.566
Coste de combustible/AKO (€/1000 Km)	27,82	25,13	28, 85
Yield (ingresos pasaje/PKT) (€/1000 Km)	87,04	73,39	92,41
Total costes unitarios (€/1000 Km)	82,21	85,22	84,09
Costes personal/ empleado (€/empleado)	76.401,28	64.963,40	82.458,98

Fuente: Junta General de Accionistas de IAG, Informes de 2012 y 2013

su tamaño puede generar. La crisis económica global pone a cada cual en su sitio, sin necesidad de tener que achacar a otros determinadas debilidades propias, como el lastre que supone para British el peso de los fondos de pensiones de sus empleados, que aún después del maquillaje de sus valores en las cuentas del ejercicio 2012 y años precedentes sigue apareciendo como una de las lacras de su cuenta de resultados, tal como han puesto de manifiesto diferentes documentos periodísticos, investigadores universitarios e informes de sindicatos.

Valorando la comparativa de ingresos de IAG en 2011 y 2012 el resultado es positivo en los cuatro mercados considerados en su informe, observándose un crecimiento sostenido tanto en Reino Unido como en España o Estados Unidos con valores que superan holgadamente el 17 % interanual, destacando la excepción del mercado “Resto del mundo”, en el que el crecimiento es del 5 %.

La participación española en los ingresos del holding ha crecido incluso un 1 %, en tanto que las pérdidas proceden de su actuación fuera de Reino Unido, España y Estados Unidos, tal como apreciarse en la Tabla 5. Dado que la participación de Iberia en los mercados internacionales es mucho menor que la de British Airways, aunque tenga un especial protagonismo en Iberoamérica, cabe imputar un mayor responsabilidad comparativa a la británica en la dimensión de las cifras indicadas, aunque no por ello dicha compañía renuncie a operar nuevas frecuencias en áreas como las de Oriente Medio, África o América, tal como se puede observar en la Tabla 3.

**Tabla 5. Variación de ingresos de IAG de 2011 a 2012
y participación por áreas de procedencia**

Ingreso IAG (mln/€)	Reino Unido	España	USA	Resto del mundo	Total ((%)
2011	5.124	2.168	2.247	6.564	16.103
2012	6.029	2.548	2.647	6.893	18.117
2011-2012 (%)	17,60	17,53	17,8	5,1	12,51
Ingresos IAG (%)					
2011	32	13	14	41	100
2012	33	14	15	38	100

Fuente: Junta General de Accionistas de IAG, Informe de 2012

Otro foco de atención tanto de los actores implicados en la fusión como de la opinión pública española, se refiere a un conjunto de actuaciones llevadas a cabo desde IAG que suponen de hecho la subordinación de Iberia a British Airways, en apartados como la inapropiada valoración por parte de la compañía británica de los fondos de pensiones de sus empleados y en las políticas de IAG para compensar esa situación con las cajas de Iberia o Vueling, deteriorando así los intereses generales de Iberia en temas tan delicados como la renovación de flotas, la OPA a Vueling, los dispares precios de compra del combustible o una deficiente gestión financiera por parte del Grupo.

LAS CLÁUSULAS DE SALVAGUARDA

De acuerdo con lo contenido en el acuerdo de fusión del 8 de abril de 2010 entre British Airways e Iberia, se mantendrían las marcas que tenían en su momento así como sus operaciones, la paridad en el Consejo de Administración y en el equipo directivo.

Todos esos planteamientos se han visto modificados luego a posteriori, no respetando lo señalado en el documento “British Airways Investor Day” de 21 de mayo de 2010, en el que se indican las líneas matrices en las que se apoyaría la fusión, los objetivos a alcanzar y estrategias a implementar. En el mismo documento se señalan la estructura organizativa, la estrategia del holding y una adecuada configuración del mismo para ampliar el proceso de consolidación.

En la página 17 del documento así como en la documentación general de la fusión se habla de las salvaguardas (“Contrato de salvaguardas”), para la conservación de las marcas, el desarrollo equilibrado de las redes, el mantenimiento de las relaciones laborales propias de cada compañía operadora y de sus fondos de pensiones, entre otros temas destacados.

La realidad evidencia un incumplimiento generalizado de buena parte de dichas cláusulas, pese a que tanto British Airways como Iberia se comprometieron en su día a no adoptar disposiciones que den lugar al incumplimiento de las mismas. Dicho acuerdo tiene una validez de cinco años y alcanza hasta el 21 de enero de 2016, fecha en la que podrían extinguirse las llamadas Estructuras de Nacionalidad si IAG lo considera oportuno, con ello se podría dar lugar a que la toma de decisiones pudiera pasar a manos exclusivamente británicas (Tabla 6).

Tabla 6. Salvaguardas en el proceso de fusión en IAG de British Airways e Iberia

Salvaguardas entre British Airways e Iberia en el proceso de fusión en IAG (Contrato de salvaguardas)		
Nº	Objetivos (resumidos)	Grado de cumplimiento
1	Mantenimiento de sedes respectivas, conservando sus licencias, certificados y códigos de operador aéreo	Modificaciones sustanciales
2	Maximizar la rentabilidad del Grupo IAG a efectos de proteger sus slots y derechos a operar destinos internacionales	Incumplimientos flagrantes
3	Se conservarán las marcas de British Airways e Iberia	Se aplica la norma
4	La estrategia de red del grupo IAG reflejará la importancia de Madrid-Barajas y Londres-Heathrow como componentes fundamentales de la estrategia multicentro del Grupo IAG, mediante: (A) Satisfacer necesidades de los clientes y atender los flujos de tráfico naturales (B) Maximizar la estabilidad financiera y rentabilidad del grupo IAG (C) División razonable de nuevas oportunidades entre las dos redes (D) Desarrollo equilibrado a largo plazo de las redes atendidas desde cada aeropuerto (E) La evolución de un centro no debe ir en detrimento del otro, su cartera existente de destinos clave y su potencial de crecimiento	Incumplimientos flagrantes en todos los apartados Prácticas disimétricas de gestión Decisiones tóxicas para los intereses de Iberia Desarrollo desequilibrado de redes Amortización de redes precedentes a favor de otras compañías como Iberia Express o Vueling Fuerte deterioro del tráfico en el hub Madrid-Barajas
5	Las promociones de recursos humanos dentro de IAG estarán basadas en méritos sin ningún tipo de discriminación	Laudo y desacuerdos generalizados con la representación sindical
6	Los convenios colectivos y contratos de trabajo referentes a empleados de British Airways e Iberia se seguirán negociando en ambas compañías respectivamente	Se aplica la norma por imperativo legal

Fuente: elaboración propia

Diferentes medios sindicales, lobbies sociopolíticos y expertos en el transporte aéreo señalan la inoperancia real de dichas cláusulas de salvaguarda, que por su incumplimiento o cumplimiento parcial de las mismas han llevado a Iberia a un alto grado de deterioro al borde de la propia pervivencia como tal compañía. Dentro de los ambientes mencionados se ha especulado mucho con la existencia de posibles cláusulas secretas que, penalizarían económicamente a la parte española en el caso de denunciar su deficiente, improcedente o indebida aplicación y cumplimiento, lo que podría entenderse como un tratamiento abusivo e interesado del Contrato de Salvaguardas, susceptible de ser denunciado por la vía penal en los juzgados. Este es el planteamiento que está llevando a cabo una asociación civil de afectados por las prácticas de IAG, que en este momento se encuentra en trámite judicial, a resultas del cual podrían llegar a

producirse importantes repercusiones respecto del proceso de creación y desarrollo del Grupo IAG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El hilo argumental del trabajo no puede ser otro que poner en evidencia las alteraciones y aplicaciones indebidas de los acuerdos de fusión en IAG, que se atisban con un somero cotejo de la documentación al uso y las referencias a las líneas matrices seguidas en la fusión por parte de la dirección del Grupo.

El análisis pormenorizado de lo ocurrido con las dos compañías firmantes del acuerdo, pone de manifiesto las continuas irregularidades ocurridas en dicho proceso por la parte británica, tanto en lo que concierne a rutas, como a tráfico, prácticas operativas, ingresos, gestión de red y flota, política de compra de combustibles o cláusulas de salvaguarda. Por otra parte, al advertir estos extremos, es obligación del investigador prevenir de las distintas actuaciones opuestas y contrarias al espíritu inicial de la fusión que se han observado.

La valoración de todo lo barajado aboca a un planteamiento forzosamente crítico, en especial, en lo que se refiere a las prácticas perjudiciales advertidas para Iberia, que están generando unos negativos efectos en el normal desarrollo de la industria aérea española, así como la toma de una serie de decisiones desacertadas que redundan muy negativamente tanto en el empleo directo e indirecto propio del sector, y también en la generación de inapropiadas estructuras de red que afectan a la movilidad en el espacio nacional e incluso a la conectividad con espacios insulares o de desenclave, que como resultado de dichas actuaciones se ven seriamente perjudicados en algunas de las actividades económicas más significativas del país como el turismo.

La discusión de los resultados que se presentan en modo alguno puede reposar en un componente meramente ideológico, si no más bien en un rígido análisis académico. Por ello cabe destacar lo ya advertido en orden a señalar distintas prácticas incompatibles con un espíritu equilibrado en la fusión entre British Airways e Iberia, tanto como otros intereses subyacentes por la parte británica, tal como ocurre con la captación de la caja de Iberia, la resolución de sus problemas específicos relativos a los fondos de pensiones de sus empleados, un usufructo indirecto de infraestructuras aéreas sufragadas con capital público español, el caso de la T4 de Barajas, y de slots alternativos como solución a los problemas de saturación del hub londinense de British Airways en Heathrow.

El componente político no está ausente dentro del análisis practicado, ya que la actuación de la administración española bien puede catalogarse de absentista en el caso que nos ocupa, haciendo oídos sordos a la mayoría del sector implicado. Muy recientemente se empieza a advertir un mayor interés ministerial al respecto, fruto sin duda de la preocupación debida al observar impactos muy negativos como consecuencia de la aplicación de los acuerdos de fusión en IAG, que hasta la fecha están comportando tan sólo efectos negativos en exclusiva: pérdida de empleo, disminución de salarios, retroceso en las condiciones de trabajo en el sector, desestructuración de hubs y redes de transporte aéreo nacionales e internacionales, pérdidas de conectividad en el plano doméstico, con Iberoamérica, con Europa, con los ámbitos insulares, etc.

No parece esta la mejor forma de integrarse de forma coherente en los grandes circuitos de la globalización, léase grandes alianzas aéreas, si no más bien todo lo contrario, bajo la fórmula de colonización y dependencia sectorial que está arruinando a Iberia, yugulando su futuro en pos de intereses muy ajenos a la propia compañía y aún menos de la ciudadanía española.

CONCLUSIONES

La experiencia de International Airlines Group muestra a las claras y con rotundidad un enfoque inhábil para conseguir un proceso de fusión, acorde con unos principios preestablecidos y equilibrados útiles para las dos compañías que ahora lo conforman. La viabilidad de la parte española está seriamente puesta en entredicho con la forma de enfocar el proceso por parte de British Airways, que lejos de perseguir los objetivos señalados busca unas rentas propias fundamentadas en aprovechar para su estricto beneficio diferentes activos económicos, operativos y funcionales de Iberia.

Llama la atención la inoperancia de sucesivos gobiernos españoles, que no han reaccionado ante el reiterado incumplimiento de los acuerdos de fusión por la parte británica. Lejos de dar viabilidad al sector aéreo español se ha comprometido su futuro mediante una integración forzada en Iberia de Vueling e Iberia Express, con la imposición de un modelo de empresas desagregadas a funcionar con un modelo de bajo coste y con la desestructuración de una compañía de red con una larga tradición, so pretexto de abaratar costes y conseguir rentabilidad, quedando ahora amputada en varias de sus tradicionales virtualidades como los enlaces a Iberoamérica, su servicio a regiones insulares y en beneficio general de la conectividad por todo el país, por no incidir en su función como soporte de la actividad turística.

De este modo no se conseguirá un mejor acceso a los servicios aéreos por parte de la población, tampoco se ganará en términos de competitividad creándose así nuevos oligopolios tutelados desde Londres. Se están creando de este modo las bases para un venidero sector aéreo español dependiente de otros intereses especulativos no concordantes con los propios que le deberían caracterizar, todo ello ante la generalizada inactividad gubernamental, debiéndose exigir una actuación más decidida por parte de la administración al margen de los intereses de determinados grupos económicos o políticos, a los que parece importarles más bien poco un sector tan estratégico y sensible para el país como el del transporte aéreo.

REFERENCIAS

- [1] AA. VV. “Orígenes y desarrollo del transporte aéreo en España”, Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, Madrid, 1998.
- [2] ANTÓN BURGOS, F.J., “La creación de Iberia Express por parte de International Airlines Group (AIG)”, AADIB, Madrid, 2012.
- [3] AERONÁUTICOS, “Las concentraciones empresariales en el sector aeronáutico: renovarse para sobrevivir a los nuevos cambios”, *Aeronáuticos*, nº 240, octubre 2012, pp. 10-15.
- [4] AIR TRANSPORT ACTION GROUP, “Economic and social benefits of air transport”, ATAG, Ginebra, 2008.
- [5] BENITO, A., “Los aeropuertos en el sistema de transportes”, Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, Madrid, 2008.
- [6] BENITO, A., “Apuntes de transporte aéreo”, Escuela de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio”, Madrid, 2011.
- [7] BETANCOR, O., y VIECENS, M. F., “Una taxonomía de los aeropuertos españoles” Observatorio de Transporte Aéreo FEDEA, Fundación de Estudios de Economía Aplicada, Cátedra FEDEA-ABERTIS, Madrid, 2011,
- [8] BETANCOR, O., y VIECENS, M. F., “La competencia en el mercado español de transporte aéreo”, Observatorio de Transporte Aéreo FEDEA, Fundación de Estudios de Economía Aplicada, Cátedra FEDEA-ABERTIS, Madrid 2012,
- [9] BETANCOR, O., GALLEGU, A y GONZÁLEZ, M.J., “Las tarifas en el mercado español de transporte aéreo”, Observatorio de Transporte Aéreo FEDEA, Fundación de Estudios de Economía Aplicada, Cátedra FEDEA-ABERTIS, Madrid, 2013,
- [10] DOGANIS, R., “Flying off course: the economics of international airlines”, Routledge, Abingdon, 2010.
- [11] EUROCONTROL, “Monthly network operations report, analysis-august 2013”, Eurocontrol Network Manager, Bruselas, 2013.
- [12] EUROCONTROL, “Monthly network operations report, overview-august 2013”, Eurocontrol Network Manager, Bruselas, 2013.
- [13] GOBIERNO DE CANARIAS, “Análisis comparativo del coste del transporte aéreo de productos relacionados con la oferta turística de Canarias”, Consejería de Turismo, 2008.
- [14] GUERRERO, N., “La fusión de aerolíneas para simplificar el mercado”, BBC Mundo, Londres, febrero de 2013, www.bbc.co.uk
- [15] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, “Anuario estadístico del transporte aéreo”, INE, Madrid, 2012.
- [16] LÓPEZ, J. E., “Iberia tiene futuro”, Saveiberia, Madrid, 2012.
- [17] LOS LUNES AL SOL, “Iberia: cronología de un expolio”, Los Lunes al Sol, Madrid, enero 2013.

- [18] MATEOS DE PORRRAS, J., “Análisis del sector aéreo comercial en España en 2012”, Noticias de Transportes, Madrid, octubre de 2013, www.hosteltur.com
- [19] MOCHÓN MORCILLO, F., “Los retos de las compañías aéreas: los hubs y el Airbus-380”. *Ars Medica. Revista de Humanidades*, vol. 4, 2005, pp. 161-169.
- [20] SÁNCHEZ PAVÓN, B., “Las tarifas aeroportuarias y su influencia sobre el transporte aéreo en España”, *Revista de Contabilidad y Tributación CEF*, nº 364, julio 2013.
- [21] STARKEY, D., “Airport privatisation, regulation and competition: the UK experience”, Seminario Internacional sobre Gestión Privada de Aeropuertos”, Fundación de Estudios de Economía Aplicada, Cátedra FEDEA-ABERTIS Madrid, 2011.

ANÁLISIS DEA DE LOS PROVEEDORES DE SERVICIOS DE NAVEGACIÓN AÉREA EN EL MARCO DE CIELO ÚNICO EUROPEO

R. Arnaldo^a, V. Gómez^a y L. Pérez^a

^a Departamento de Infraestructura, Sistemas Aeroespaciales y Aeropuertos, Universidad Politécnica de Madrid, Plaza Cardenal Cisneros, 3 EUITA, despacho 610, Madrid, 28040, España.

Email: rosamaria.arnaldo@upm.es

RESUMEN

Una de las últimas medidas acometidas dentro del marco del programa de Cielo Único Europeo ha sido el desarrollo de un sistema de evaluación de rendimiento (eficiencia) de los servicios de navegación aérea y de las funciones de red en cuatro ámbitos clave: la seguridad, el medio ambiente, la capacidad y la rentabilidad (cost - efficiency). El sistema de evaluación establece en cada ámbito "indicadores" y "objetivos obligatorios"; y para alcanzar estos objetivos los Estados europeos deben establecer "planes de rendimiento" y "sistemas de incentivos".

Este artículo realiza un análisis comparativo de la eficiencia y la productividad de los proveedores de servicios de navegación europeos, para determinar el posicionamiento inicial relativo de cada uno de ellos en términos de eficiencia, su potencial para alcanzar unos objetivos de rendimiento específicos, y como de cerca o lejos se encuentra cada organización respecto del nivel óptimo de eficiencia determinado por el más eficiente de sus semejantes.

El trabajo utiliza el análisis de envoltante de datos o DEA, una técnica de programación matemática no paramétrica, basada en la obtención de una frontera de eficiencia a partir de un conjunto de observaciones sin necesidad de conocer ninguna forma de relación funcional entre inputs y outputs.

One of the last measures undertaken within the framework of the Single European Sky program has been the development of a performance evaluation framework (efficiency) of Air Navigation Services and network functions in four key areas: safety, environment, capacity and cost-efficiency. The evaluation framework establish "indicators" and "binding targets" and to achieve these objectives the European states must define "performance plans" and "incentive systems".

This article makes a comparative analysis of the efficiency and productivity of the Air Navigation Service Providers in Europe, to determine the initial position on each of them in terms of efficiency, the potential for achieving specific performance targets, and how near or far is each organization from the optimal level of efficiency determined by the most efficient among their peers.

The study uses data envelopment analysis or DEA, a nonparametric mathematical programming technique, based on obtaining an efficient frontier from a set of observations without knowing any form of functional relationship between inputs and outputs.

Palabras clave: DEA, SES, Navegación Aérea, eficiencia.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la Unión Europea es contribuir al desarrollo sostenible del sistema de transporte europeo y mejorar la eficacia global de los servicios de navegación aérea. Con este fin una de las últimas medidas acometidas dentro del marco del programa de **Cielo Único Europeo** ha sido el desarrollo de un **sistema de evaluación de rendimiento (eficiencia)** de los servicios de navegación aérea y de las funciones de red en cuatro ámbitos clave: la seguridad, el medio ambiente, la capacidad y la rentabilidad (cost - efficiency). [1]

El sistema de evaluación establece en cada ámbito "**indicadores**" y "**objetivos obligatorios**", y para alcanzar estos objetivos los estados europeos deben establecer "**planes de rendimiento**" y "**sistemas**

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

de incentivos". Para que el sistema de evaluación de rendimientos sea un éxito y permita alcanzar los objetivos deseados es necesario que indicadores y objetivos cumplan dos premisas:

- Es preciso seleccionar indicadores de rendimiento clave que sean específicos y medibles y que permitan atribuir responsabilidades para la consecución de los objetivos de rendimiento.
- Los objetivos asociados han de ser alcanzables, realistas y adecuados y deben orientarse a favorecer efectivamente el rendimiento sostenible de los servicios de navegación aérea.

En el primer periodo de referencia para la aplicación del sistema de evaluación de rendimientos se han fijado unos objetivos idénticos para todos los proveedores de servicios de navegación aérea en las fases de ruta y aproximación, sin tener en cuenta el punto de partida de cada proveedor ni sus mayores o menores ineficacias relativas.

De esta forma pudiera suceder que el esfuerzo exigido a un proveedor, y por ende a un estado, fuera minúsculo en proporción a su capacidad; mientras que el exigido a otro fuera virtualmente inalcanzable con las restricciones de tiempo y condiciones económicas, teniendo en cuenta sus ineficacias relativas respecto al resto de los proveedores de servicios de navegación aérea europeos. Por otro lado los objetivos en términos de seguridad, capacidad y medio ambiente bien pudieran entrar en contradicción con los objetivos en términos de rentabilidad o eficiencia.

Adicionalmente muchos análisis de eficiencia en transporte se han basado en el cálculo de ratios del tipo de "producto por trabajador". Este es el caso del marco propuesto por Eurocontrol y la Unión Europea en el ámbito de la rentabilidad donde se evalúa la eficiencia en el coste ó "cost-efficiency " como el ratio entre los costes asociados a la provisión del servicio y el número de unidades de servicio (equivalente a número de vuelos) atendidos. Sin embargo, este tipo de análisis no es del todo apropiado para evaluar el rendimiento de una empresa de navegación aérea porque mide la salida únicamente en términos unidades de producción, y no permite tener en cuenta de forma integrada otras características que se exigen al producto de los proveedores de servicios de navegación aérea como son la capacidad, las demoras, la seguridad y el impacto en el medio ambiente.

METODOLOGÍA

El análisis está basado en el empleo un método no paramétrico de medida de eficiencia, el análisis de envolvente de datos o DEA. El análisis envolvente de datos (DEA) es una técnica de programación matemática no paramétrica, que se utiliza para la medición de la eficiencia. Está basada en la obtención de una frontera de eficiencia a partir de un conjunto de observaciones sin necesidad de conocer ninguna forma de relación funcional entre inputs y outputs, es decir sin que sea necesario determinar o estimar ninguna función de producción. Este método fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978 [2]; y se emplea para estimar los niveles de eficiencia de unidades organizativas en multiplex campos; habiéndose aplicado con éxito en el análisis de eficiencia de aeropuertos y compañías aéreas.

La eficiencia relativa de las diferentes unidades consiste en el cálculo comparativo de los siguientes cocientes que miden la relación input-output:

$$\text{Eficiencia de la unidad } j - \text{estima} = \frac{\text{Suma ponderada de outputs de la unidad } j - \text{estima}}{\text{Suma ponderada de inputs de la unidad } j - \text{estima}}$$

O lo que es lo mismo:

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

$$E_j = \frac{U_1 Y_{1j} + U_2 Y_{2j} + \dots + U_i Y_{ij} + \dots + U_m Y_{mj}}{V_1 X_{1j} + V_2 X_{2j} + \dots + V_i X_{ij} + \dots + V_n X_{nj}}$$

Donde:

- E_j es la eficiencia relativa de la unidad organizativa j-ésima.
- U_i es el peso asociado al output genérico i-ésimo.
- V_i es el peso asociado al input genérico i-ésimo.
- Y_{ij} es la cantidad de output genérico i-ésimo en la unidad organizativa j-ésima.
- X_{ij} es la cantidad de input genérico i-ésimo en la unidad organizativa j-ésima.

De cara al proceso de evaluación, se considera que una unidad productiva es eficiente y, por tanto, que pertenece a la frontera de producción, cuando produce más de algún output sin generar menos del resto y sin consumir más inputs, o bien, cuando utilizando menos de algún input, y no más del resto, genere los mismos productos [3,4,5].

La eficiencia de la unidad j-ésima se obtendrá maximizando el cociente que mide la eficiencia de dicha unidad, estando sujeto el proceso de optimización a que la eficiencia de todas las unidades organizativas, incluyendo la propia unidad j-ésima, sea menor o igual que la unidad. En términos analíticos, se formula un modelo de programación matemática, cuyas variables representan los pesos más favorables para la unidad organizativa j-ésima.

$$\text{Max } E_j = \frac{\sum_{i=1}^m U_i Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n V_i X_{ij}} \text{ con } \frac{\sum_{i=1}^m U_i Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n V_i X_{ij}} \leq 1, \forall j; U_i, V_i \geq 0$$

La solución del modelo proporciona la cuantificación de la eficiencia relativa de la unidad organizativa j-ésima con respecto al resto de unidades, así como los mejores valores de los pesos que han permitido alcanzar dicha eficiencia. Así por ejemplo, si en el óptimo $E_j = 1$, entonces podemos decir que la correspondiente unidad j-ésima es eficiente en términos relativos con respecto a las otras k-1 unidades. Por el contrario si $E_j < 1$ ello significa que aun habiendo elegido la unidad j-ésima sus pesos más favorables, existen unidades organizativas en la muestra analizada que combinan sus inputs en outputs de una manera más eficiente. Adicionalmente la solución del problema nos indica cómo debe mejorar la unidad ineficiente para posicionarse en la frontera de la eficiencia.

Como vemos, la base del método radica en comparar cada unidad no eficiente con aquella que lo sea, siendo necesario para poder hacer la comparación que ambas utilicen una técnica de producción similar; es decir, que utilicen inputs similares para producir outputs parecidos. La unidad eficiente que sirve de base para la comparación no tiene porque corresponder a una unidad real, sino que puede corresponder a una combinación lineal de otras existentes. Primero se construye la frontera de producción empírica y después se evalúa la eficiencia de cada unidad observada (en este caso cada proveedor de servicios de Navegación Aérea) que no pertenezca a la frontera de eficiencia. Así, además de no ser un método paramétrico (por no presuponer la existencia de una función que relacione inputs con outputs) tampoco es estadístico puesto que no asume que la eficiencia no captada siga algún tipo de distribución probabilística.

DATOS UTILIZADOS PARA EL ANALISIS

Desde hace varios años, la Unidad de Evaluación de Prestaciones de EUROCONTROL (PRU ó Performance Review Unit) ha participado activamente en la evaluación de la eficiencia de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea (ANSP) en Europa. [6]

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

Los datos utilizados en el análisis se han elaborado a partir de información proporcionada por 35 ANSP del entorno europeo en sus declaraciones anuales obligatorias a la Unidad de Evaluación de Prestaciones de EUROCONTROL (PRU ó Performance Review Unit). La **Tabla 1** resume los datos más relevantes utilizados en este análisis. La muestra utilizada contiene datos anuales para 35 ANSP europeos de 2001 a 2011 e incluye información sobre costes, entradas, salidas, la variabilidad del tráfico y sus características de complejidad. Una descripción detallada tanto de los datos, incluyendo todas las comprobaciones y validaciones, se pueden encontrar en los informes de evaluación comparativa ACE de EUROCONTROL [7].

Los ANSP en la muestra varían sustancialmente en función del tamaño del espacio aéreo controlado, el volumen y características del tráfico atendido y su estructura de gobernanza. A pesar de esta heterogeneidad, los rendimientos anuales registran suficiente información, sobre una base comparable en términos generales, para permitir un análisis comparativo justo y sólido de la efectividad de los ANSP.

Tabla 1. Datos de los Proveedores de Servicios de Navegación Aérea utilizados en el estudio.

Entradas o insumos	Costes	Costes de los servicios de Meteorología Pagos a autoridades nacionales Costes de EUROCONTROL IVA Costes de delegación de servicios
	Costes de la provisión de servicios ATM/CNS	Costes de personal Costes directos de operación Eventos excepcionales Depreciación Costes del capital
	Personal	Número total de empleados Controladores operativos (ATCOs in OPS) Horas de controlador (ATCOs' hours on duty) Costes de los Controladores operativos
Producción o salidas	Datos de operación	Horas de vuelo controladas por: ACC, ATCOs in OPS, ATCOs' hours on duty Número de sectores Número de horas/sector
	Producción en ruta	Número total de vuelos IFR controlados por el ANSP Total de horas de vuelo controladas por el ANSP ATCOs in OPS: en ACCs, en (APPs+TWRs)
	Ingresos	Ingresos de tasas Otros ingresos

Los coeficientes de correlación entre los distintos indicadores, mostrados en la **Tabla 2**, se han utilizado para identificar las variables que serán tomadas como entradas y salidas del modelo DEA, cuidando de no incluir variables que reflejen un mismo efecto.

Tabla 2. Correlación entre las distintas variables de estudio.

	Costes CNS/ATM puerta a puerta (miles €)										Demoras totales(miles minutos)										Rentabilidad financiera puerta-puerta										Coste de la demora por hora compuesta de vuelo										Coste economico por hora compuesta de vuelo										Variabilidad (periodos de tres meses)										Mes pico/media mensual										Semana pico/ semana media										Densidad ajustada										Interacciones verticales										Interacciones horizontales										Interacciones de velocidad										Indicador de complejidad estructural										Indice de complejidad agregada										Costes totales										Costes de personal										Costes operativos no de personal										Costes de depreciacion										Costes de capital										Costes de provision ATM/CN S										ATCOs en OPS										Personal tecnico de soporte y mantenimiento										Personal total										ATCOs en OPS ACC										Horas de servicio ATCO ACCs										ATCO en OPS APPs+TW Rs										Horas de servicios ATCO APPs+TWRs										Costes de empleo por ATCOs en OPS (€'000)										Tamaño del espacio aereo controlado										Numero de ACCs										Numero de APPs										Numero de TW Rs										Numero de dependencias AFIS										Total vuelos IFR flights controlados por el ANSP										Total km IFR controlados por el ANSP										Total horas de vuelo controladas por el ANSP										Horas de vuelo compuestas (miles de minutos)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	1	0,77	0,28	0,22	0,36	-0,20	-0,21	-0,29	0,46	0,42	0,20	0,15	0,31	0,47	0,99	0,99	0,96	0,95	0,84	0,99	0,98	0,74	0,92	0,99	0,99	-0,04	0,88	0,07	0,71	0,94	0,44	0,74	0,02	0,93	0,95	0,61	0,98	1,00	0,02	0,79	1,00	0,02	0,79	1,00	0,62	0,16	0,19	0,13	0,15	0,09	-0,06	-0,04	0,00	0,13	0,22	0,24	0,15	0,15	0,17	0,22	0,20	0,22	0,21	0,20	0,20	-0,10	0,19	-0,02	-0,23	0,14	0,15	0,16	0,21	0,21	0,26	0,22	1,00	0,13	0,16	0,03	0,51	0,34	0,32	0,22	0,35	0,56	0,36	0,37	0,27	0,34	0,23	0,36	0,27	0,15	0,25	0,28	0,26	-0,26	-0,22	-0,01	0,11	0,27	0,06	0,13	0,08	0,30	0,20	0,29	0,26	1,00	0,99	0,91	0,14	-0,56	-0,14	-0,69	-0,56	-0,18	-0,19	-0,22	-0,15	-0,16	-0,13	-0,20	-0,14	-0,02	-0,10	-0,14	-0,13	-0,15	-0,23	-0,19	-0,23	-0,09	-0,12	-0,06	-0,02	-0,06	-0,10	0,02	-0,22	-0,15	-0,15	-0,21	1,00	0,32	0,43	0,06	0,32	0,88	0,45	0,46	0,37	0,42	0,42	0,45	0,39	0,36	0,43	0,44	0,41	0,24	0,29	-0,20	0,04	0,28	-0,05	0,17	-0,36	0,59	0,43	0,34	0,43	1,00	0,49	0,76	0,91	0,66	0,39	0,41	0,38	0,42	0,40	0,42	0,33	0,18	0,30	0,37	0,36	0,18	0,28	0,29	0,26	0,39	0,33	0,16	0,26	0,48	0,32	0,27	0,41	1,00	0,35	0,72	0,62	0,18	0,20	0,15	0,23	0,10	0,20	0,12	-0,06	0,08	0,16	0,14	0,18	0,04	0,10	-0,14	0,12	0,06	-0,04	0,07	0,29	0,11	0,23	0,15	1,00	0,85	0,45	0,13	0,16	0,00	0,11	0,14	0,15	0,07	0,00	0,06	0,08	0,60	-0,01	0,04	0,19	-0,02	0,10	0,07	0,01	0,15	0,16	0,01	0,16	0,11	1,00	0,69	0,29	0,31	0,26	0,31	0,26	0,31	0,22	0,05	0,18	0,25	0,23	0,14	0,15	0,24	0,05	0,25	0,19	0,06	0,19	0,38	0,18	0,26	0,27	1,00	0,45	0,47	0,36	0,44	0,44	0,47	0,36	0,28	0,39	0,43	0,39	0,25	0,23	0,21	0,02	0,29	-0,01	0,09	-0,23	0,61	0,38	0,40	0,43	1,00	0,99	0,96	0,95	0,80	0,99	0,99	0,74	0,92	0,98	0,98	-0,05	0,91	0,06	0,71	0,94	0,45	0,77	0,02	0,92	0,96	0,56	0,98	1,00	0,92	0,91	0,79	0,99	0,97	0,73	0,91	0,97	0,96	-0,02	0,88	0,08	0,69	0,92	0,38	0,75	0,01	0,93	0,94	0,63	0,97	1,00	0,95	0,79	0,96	0,97	0,74	0,92	0,95	0,97	-0,07	0,90	0,08	0,71	0,93	0,98	0,58	0,77	0,10	0,87	0,95	0,46	0,96	1,00	0,82	0,85	0,93	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

Tabla 3. Muestra de datos correspondiente a 2011

Proveedor	Demoras ATFM en ruta (miles de minutos)	Demoras ATFM en Apto. (miles de minutos)	Demoras totales(miles minutos)	Coste de la demora ATFM (miles de €)	Varibilidad en período de tres meses	Varibilidad mes pico/mes medio	Varibilidad semana pico /semana media	Densidad ajustada	Interacciones verticales	Interacciones horizontales	Interacciones de velocidad	Indicador de complejidad estructural	Indice de complejidad agregada	Costes de la provisión ATM/CNS	Costes meteorológicos	Pagos a autoridades nacionales	Pagos a otros estados	Costes de Eurocontrol	Pagos por delegación de servicios ANS	IIVA	Costes totales	Costes de personal	Costes de personal no operativo	Costes de depreciación	Costes de capital	ATCO's in OPS	Persoanl tecnico	Persoanl total	ATCOs in OPS (ACC)	ACC ATCO-hours on duty	APPs+TWRs ATCO's in OPS	APPs+TWRs ATCO-hours on duty	Costes de empleo ATCOs in OPS (€'000)	Tamaño del espacio aéreo controlado	Numero de ACCs	Numero de APP	Numero de TWR	Numero de AFIS	Vuelos IFR controlados por ANSP	Km IFR controlados por ANSP	Horas de vuelo controladas por ANSP	Movimientos IFR en aeródromo por ANSP	Horas de vuelo compuestas
Aena	2771	873	3644	302452	1.17	1.20	1.21	7.03	0,17	0,39	0,13	0,69	4,85	900904	39263	8495	15222	54979	0	0	1018862	569996	140066	121608	61302	1898	553	4047	1056	1362779	842	393697	2190000	5	18	36	0	1774607	959818500	1388029	1854896	1879866	
ANS CR	4	18	22	1826	1.18	1.21	1.22	8,30	0,17	0,52	0,19	0,88	7,30	121913	2872	367	0	5760	0	0	130911	72509	19140	21218	9047	194	118	892	91	138993	103	158558	77100	1	4	4	0	67054	169405718	232525	165232	276337	
ARMATS	0	0	0	0	1.06	1.10	1.17	1,50	0,07	0,38	0,17	0,62	0,93	7181	0	0	0	237	0	0	7418	3915	1543	683	1039	70	170	458	23	33120	47	70500	1300	29800	1	2	2	2	57173	11176459	14668	20641	20141
Austro Control	166	233	399	33117	1.20	1.21	1.21	8,10	0,19	0,51	0,20	0,90	7,29	180377	19717	462	0	9704	0	0	210260	133791	23021	20541	3024	275	107	907	116	167968	159	240567	63727	80400	1	6	6	0	910560	195824268	287738	365725	384712
Avinor	34	190	224	18592	1.04	1.11	1.12	2,08	0,31	0,48	0,27	1,06	2,20	193101	3015	432	0	6470	0	0	203018	135713	41586	10548	5254	392	212	1008	144	237112	248	402590	7419983	720000	3	17	17	28	565333	172416303	330489	654572	504053
Belgocontrol	23	104	127	10541	1.09	1.13	1.14	8,04	0,41	0,55	0,42	1,38	11,10	150453	11392	2133	0	11576	36920	0	212474	112820	14016	18010	4853	221	186	895	83	111695	138	194552	39903	39500	1	4	5	0	572095	56399688	114337	380572	215248
BULATSA	32	0	32	2656	1.39	1.42	1.45	7,01	0,05	0,29	0,06	0,40	2,80	74713	7000	782	0	4150	0	222	86867	48095	8276	10347	7995	215	405	1184	102	130356	113	146448	14237	146000	1	3	5	0	539295	142344581	181981	83307	204071
Croatia Control	257	2	259	21497	1.37	1.43	1.45	7,14	0,05	0,48	0,08	0,61	4,36	77243	4574	0	0	0	0	0	81817	49071	14616	9254	4302	232	108	749	92	124936	140	200900	27039	158000	1	7	10	0	497247	149214890	194395	8307	216617
DCAC Cyprus	454	2	456	37848	1.18	1.21	1.29	4,38	0,14	0,37	0,12	0,63	2,76	36813	4462	8299	0	2328	0	0	51902	15820	12639	5566	2788	83	2	197	55	140580	28	63392	11157	174000	1	2	2	0	281403	102236339	130396	63560	147250
DFS	2447	1732	4179	346857	1.10	1.13	1.14	10,45	0,28	0,55	0,26	1,09	11,39	978330	0	568	0	0	0	0	978898	645129	130444	91435	72090	1664	949	5530	1293	1433391	371	467924	292708	388000	4	0	16	0	2844889	905419485	1412603	2059372	1958658
DHMI	184	543	727	60341	1.23	1.24	1.27	6,13	0,14	0,35	0,11	0,60	3,68	324188	21539	2427	0	15523	0	0	363677	146367	97767	38871	41183	911	1354	5227	439	685718	472	736320	60403	982000	2	29	37	0	1003692	682415111	903599	907286	1144171
DSNA	1282	633	1915	158945	1.15	1.18	1.19	9,64	0,15	0,41	0,14	0,70	6,75	1155285	87642	8974	0	74642	46587	47615	1420745	781113	228591	113096	32484	2738	1335	7938	1412	1842635	1326	1727923	330259	1010000	5	12	81	0	2869230	1523985165	2145379	1892868	2647284
EANS	4	0	4	332	1.12	1.14	1.16	3,74	0,15	0,3	0,21	0,66	2,47	12590	197	0	0	0	0	0	12787	6554	2397	2145	1494	56	26	151	26	43680	30	50400	3565	77102	1	2	2	0	176651	45283885	61672	38499	71880
ENAV+ITAF	21	153	174	14442	1.22	1.25	1.28	5,35	0,28	0,57	0,19	1,04	5,56	683994	47627	0	0	44827	0	0	776448	340630	181277	125587	34254	1412	125	2968	893	1190036	519	726965	203575	734000	4	23	12	11	1594589	748366728	1074307	1162015	1382423
Finavia	126	48	174	14442	1.05	1.09	1.15	2,05	0,28	0,34	0,37	0,99	2,03	62351	5018	1343	0	3211	361	0	72284	38640	14897	6450	2364	195	70	425	55	79420	140	212240	20532	415000	1	7	15	6	257591	73387517	124093	275765	197214
HCAA	1935	582	2517	208911	1.42	1.51	1.54	4,19	0,11	0,38	0,09	0,58	2,43	159218	8872	2706	0	11025	0	0	181821	117936	28952	8105	4225	480	470	1786	215	316050	265	389550	55688	538000	1	16	18	15	655638	357947224	480362	169431	525288
HungaroControl	0	0	0	0	1.29	1.33	1.34	7,16	0,07	0,45	0,13	0,65	4,65	95853	1793	1793	0	4140	0	0	104517	54634	24226	12216	2872	175	130	732	91	141414	84	129948	29658	93000	1	1	1	2	616579	146902938	193968	110168	223180
IAA	1	3	4	332	1.11	1.15	1.21	4,12	0,07	0,22	0,11	0,40	1,65	121805	2006	2006	2555	6967	0	0	141020	67255	22399	22333	9818	212	37	498	146	228344	66	104214	31508	457000	2	2	3	0	527026	203919783	261641	207586	316684
LFV	80	31	111	9213	1.05	1.12	1.14	3,23	0,23	0,48	0,24	0,95	3,07	20730	7425	602	0	0	0	215956	138723	44276	21929	3002	521	89	1088	229	380140	292	467784	92969	626000	2	26	35	2	709463	285870497	430699	536236	572885	
LGS	0	0	0	0	1.15	1.17	1.18	3,21	0,09	0,46	0,16	0,71	2,28	23076	1585	1874	1036	1036	0	0	27571	11144	3715	4750	1786	79	102	349	51	73644	28	45472	3591	95600	1	2	2	0	233276	52718286	72249	71583	91230
LPS	0	0	0	0	1.30	1.36	1.38	6,47	0,12	0,47	0,16	0,75	4,85	51191	1719	1035	0	2767	0	0	56712	28978	12608	6750	2855	97	117	474	52	71004	45	70867	10426	48700	1	2	5	0	381213	64652490	84316	33565	93216
LVNL	65	400	465	38595	1.09	1.10	1.10	10,2	0,2	0,41	0,35	0,96	9,79	167328	9182	1400	0	14507	23300	-6767	208950	121161	29476	11184	5507	189	118	891	65	103194	124	197656	41023	52300	1	3	4	0	527333	69948840	155347	485525	284087
MATS	0	0	0	0	1.10	1.11	1.14	1,55	0,08	0,37	0,17	0,62	0,96	15130	0	0	0	0	0	0	16064	58395	565	1496	746	48	43	143	27	49626	21	33726	2559	231000	1	2	1	1	81382	37422229	52190	33445	61058
M-NAV	0	0	0	0	1.55	1.63	1.69	4,95	0,09	0,41	0,05	0,55	2,72	10454	751	148	0	503	0	0	11856	6812	1359	1892	391	70	46	274	41	60024	29	42456	2905	24800	1	2	2	1	124467	156354558	19951	11507	23002
MoldATSA	0	0	0	0	1.25	1.28	1.34	1,89	0,04	0,41	0,2	0,65	1,23	7433	1046	235	0	350	0	0	9064	3718	1314	979	1762	58	67	309	35	52255	23	34477	1051	33700	1	1	4	3	60415	11869916	15803	14838	19737
MUAC	63	n/appl	63	5229	1.10	1.11	1.13	9,92	0,26	0,53	0,17	0,96	9,52	129060	0	0	0	0	0	9	129609	104791	12572	10490	1207	240	130	652	240	289297	289297	289297	45429	260000	1	0	0	0	1607817	462334175	564053	n/app	564053
NATA Albania	96	0	96	7968	1.37	1.45	1.46	6,03	0,05	0,35	0,04	0,44	2,65	19812	434	522	0	776	0	0	21544	6083	7292	3642	2796	52	82	297	31	49228	21	33915	2323	36000	1	1	1	1	197505	33012661	41803	22949	47888
NATS (Continental	414	556	970	80510	1.12	1.14	1.15	9,89	0,38	0,44	0,3	1,12	11,08	680199	107	8730	0	0	795	0	689831	385939	126754	78921	81602	1422	844	4435	928	1156849	493	614826	186950	880000	3	16	16	0	2193730	808463826	1304342	22949	1767400
Portugal (Contin	72	59	131	10873	1.10	1.13	1.14	3,71	0,16	0,38	0,08	0,62	2,30	135052	5143	552	0	7953	0	0	148700	110318	13942	7518	3274	216	87	709	89	156373	127	229743	61635	665000	1	4	6	0	448012	215226774	288109	274051	360775
NAVIAIR	3	29	32	2656	1.06	1.09	1.14	3,87	0,19	0,56	0,22	0,97	3,75	111514	0	1453	0	0	0	112967	69418	18030	12880	11186	198	88	692	87	131579	111	165935	27841	158000	1	7	6	1	635932	140520646	212073	345967	303808	
Oro Navegación																																											

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

Se discuten a continuación aspectos específicos de los datos: las entradas o insumos, las salidas o producción, el tamaño de la red y las características del tráfico.

ENTRADAS O INSUMOS

Las principales variables de entrada del modelo están relacionadas con los costes y el personal.

La **Tabla 3** muestra los datos detallados de los costes del servicio CNS/ATM para cada proveedor en 2011. En ella puede observarse que los gastos de personal son la mayor proporción del total de los costes ATM / CNS. Los costes directos de operación son el segundo mayor contribuyente al coste total. La depreciación y el coste de capital son los componentes más pequeños, en promedio, a pesar de que representan una mayor proporción de los costes de algunos ANSP individuales.

También puede observarse que cinco proveedores (DSNA, DFS, Aena, ENAV and NATS) soportan el 56% de los costes totales de la provisión del servicio CNS/ATM a nivel europeo mientras que su cuota de tráfico es del 52%. Este resultado contrasta con la expectativa de rendimientos crecientes a escala (el rendimiento de los ANSP más grandes podría beneficiarse de su mayor tamaño). En el marco del régimen de recuperación total de costes que se aplica a la mayoría de los ANSP hay pocos incentivos para aprovechar al máximo los efectos de escala, de ahí la dificultad para observarlos. Los ANSP más grandes tienden a desarrollar sistemas automáticos a medida, que pueden ser más costosos que una solución comercial (COTS).

Otras variables importantes a considerar son las que tienen que ver con la productividad, en particular **la productividad por hora de controlador (ATCO-hour-productivity)** definida como el número de horas de vuelo por cada hora de trabajo de controlador. Este indicador está influenciado por la productividad del sector (que refleja si el número de sectores es óptimo para el volumen y el patrón de tráfico), la dotación de personal por sector, y la productividad por controlador ATCO (que refleja, por ejemplo, la eficiencia y flexibilidad de los turnos de controladores). Puede decirse que la productividad ATCO-hora es la eficiencia con la que un ANSP despliega y hace uso de su plantilla de ATCOs. En 2011, el sistema Pan-Europeo en su conjunto manejó 0,80 horas de vuelo compuestas por cada hora de ATCO.

Relevantes serán también los **costes de empleo ATCO** que reflejan el resultado de las negociaciones sobre los salarios y las prácticas de trabajo, bajo el control de la gestión; así como las condiciones locales económicas que están fuera del control de la gestión. Los costes laborales unitarios medios de ATCOs en el sistema paneuropeo fueron de 101 € por hora ATCO, si bien hay una amplia gama de costes laborales para la hora ATCO entre los diferentes ANSP. Igualmente importantes serán los **costes de apoyo** y en particular la relación del total de costes ATM / CNS frente a los costes de empleo de ATCOs. Los costes de apoyo se pueden dividir en cuatro componentes que proporcionan una mayor comprensión de su naturaleza:

- Los costes de empleo para personal controlador fuera de la operación (non ATCO in OPS); tiene en cuenta controladores de tránsito aéreo en otras tareas como formación, apoyo técnico y trabajos de gestión y administrativos (supone un 46,4% de los gastos de apoyo);
- Los costes de operación no relacionados con el personal comprenden principalmente los gastos de energía, las comunicaciones, los servicios contratados, alquileres, seguros e impuestos (25,7% de los gastos de apoyo);
- Costes excepcionales (1,1% de los gastos de apoyo), y,
- Los costes relacionados con el capital, que incluye los costes financieros y depreciación del capital empleado (26,8% de los gastos de apoyo).

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

Los **costes laborales de ATCO por hora de vuelo compuesta** son el resultado de la combinación de los dos componentes anteriores: productividad hora-ATCO y los costes laborales por hora-ATCO. A igualdad del resto de los factores, menores costes laborales de ATCO por unidad de producción contribuirán a una mayor rentabilidad financiera. Un ANSP puede tener altos costes laborales por hora ATCO pero si sus controladores son altamente productivos, tendrá menores costes laborales por hora de vuelo compuesta. Este es el caso de los ANSP como MUAC, que muestra costes laborales por ATCO-hora por encima de la media europea, pero los costes laborales ATCO por hora vuelo compuesta por debajo de la media europea. Algunos ANSP como Belgocontrol combinan mayores costes laborales ATCO con menor productividad ATCO, resultando en altos costes laborales ATCO por unidad de producción. Otros ANSP como Naviair tienen tanto una mayor productividad ATCO horas y como menores costes laborales por hora ATCO.

SALIDAS O PRODUCCION

Las salidas generadas por los Proveedores de Servicios de Navegación Aérea pueden medirse en diversas unidades como horas de vuelo y distancia recorrida para las operaciones de ruta, o como numero de movimiento IFR y VFR para las operaciones en los aeropuertos. Por ejemplo, en 2011, las unidades operacionales controladas por los servicios ATC europeos fueron de 14.5 millones horas de vuelo sobre una distancia total de 10.092 millones de kilómetros. Las unidades operativas de TWR manejaron 15.4 millones de operaciones IFR y 3.3 millones movimientos VFR.

Se ha propuesto también una medida combinada de productividad definida como el **número compuesto de horas de vuelo controladas**. Este indicador es una media ponderada de horas de vuelo controladas en ruta y el número de movimientos IFR controlados en aeropuerto. La ponderación utilizada en el cálculo refleja la importancia relativa (en términos monetarios) de los costes de ruta y área terminal en la base de costes total, como promedio para todos los ANSP europeos. De acuerdo con esta definición, el número total de horas de vuelo compuestas para el sistema pan-europeo en 2011 fue 18.5 millones.

Cabe señalar que la producción, tal como se considera en este estudio, es una medida de la demanda satisfecha en lugar de la capacidad proporcionada. En los casos en que la demanda es mucho menor de lo esperado, los valores de producción pueden ser muy diferentes. Se podría argumentar que la capacidad prevista puede ser una mejor y más directa medida de lo producen realmente los ANSP. Sin embargo, si un ANSP proporcionase sistemáticamente un exceso de capacidad debería ser etiquetado con razón como ineficiente. El uso de una medida de la demanda satisfecha como la medida de producción captura esta fuente de ineficiencia, mientras que una medida de la capacidad proporcionada, incluso si fuera fácilmente disponible, no permitiría capturar ese matiz.

Otras características de tráfico claves para la eficiencia de los ANSP son la **variabilidad** y la **complejidad** del tráfico. La medida de la **variabilidad temporal** del tráfico aéreo controlado es la relación entre el pico de tráfico y la media de tráfico en una semana. Si el tráfico tiene una variabilidad muy alta los recursos pueden estar infrautilizados (ineficiencia en la asignación). La variabilidad de la demanda de tráfico tiene por lo tanto un impacto en la productividad, coste-efectividad, calidad del servicio y la previsibilidad de las operaciones.

Por otra parte la **complejidad** del tráfico es un término ampliamente utilizado en relación con la gestión del tráfico aéreo aunque no existe una medida única que la capture perfectamente. Esta puede caracterizarse a partir de dos indicadores:

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

- **"Densidad ajustada"**: es una medida de la concentración de tráfico en un volumen de espacio aéreo dado (al nivel de ANSP o ACC) y se define en términos de minutos de interacción¹ entre aeronaves por hora de vuelo
- **"Complejidad estructural"**: es un indicador que tiene en cuenta que el tráfico puede ser estructuralmente más complejo en unas zonas que en otras. Está compuesto por la suma de tres métricas: rutas en ascenso y descenso, cruces de rutas y diferencias en las velocidades (tráficos con diferentes velocidades) .

Una ventaja clave de estos dos indicadores es que son independientes. El tráfico en un área puede ser denso, pero estructuralmente simple. Igualmente, el tráfico puede ser estructuralmente complejo pero escaso. Por otra parte, los dos impactos son multiplicativos, la puntuación global de la complejidad del tráfico se calcula como el producto de la complejidad estructural y la densidad ajustada. La complejidad puede tener un efecto positivo sobre las prestaciones de los ANSP, ya que una mayor densidad puede contribuir a una mejor utilización de los recursos y a una explotación más efectiva de las economías de escala. Pero también puede tener un efecto negativo ya que una mayor complejidad estructural implicará una mayor carga de trabajo ATC y por lo tanto un sistema ATM más complejo para el mismo volumen de tráfico.

Un número de factores que afectan a las operaciones de aeronaves y contribuyen a la calidad del servicio que se proporciona a los usuarios del espacio aéreo por un ANSP. Estos aspectos deben considerarse como salidas del proveedor de servicios. Estos incluyen las demoras ATFM en tierra, tanto en ruta y aeropuerto; las esperas en el aire (aunque estos son en su mayoría consecuencia de las restricciones aeroportuarias); la eficiencia horizontal de vuelo; la extensión de la longitud del vuelo; la eficiencia vertical de vuelo y la desviación resultante de óptimo perfil de vuelo vertical. No obstante por falta de datos únicamente el primero de estos factores ha podido ser considerado en el estudio.

Otro factor a considerar es el tamaño de la red, el cual puede cuantificarse en base a los siguientes indicadores: el promedio de tiempo de tránsito de vuelo, que se obtiene dividiendo el número de horas de vuelo por el número de vuelos dentro de un espacio aéreo determinado; el tamaño del espacio aéreo controlado (en km) en el que los ANSP son responsables de la prestación de servicios ATC, y el volumen del espacio aéreo en el que los ANSP son responsables de proporcionar los servicios de ATC .

RESULTADOS Y DISCUSION

El DEA es una herramienta que permite comparar eficiencias entre entidades productoras con características similares, determinar aquellas que son más eficientes frente al desempeño del grupo y calcular los niveles que deben alcanzar las ineficientes para volverse eficientes. El análisis se realiza teniendo en cuenta como medida de eficiencia la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados para generarlos.

En este estudio se ha realizado una aproximación inicial a la eficiencia de los ANSP considerando 4 posibles modelos.

- Modelo 1 Retornos Variables a Escala Orientado a la salida.
- Modelo 2 Retornos Constantes a Escala Orientado a la salida.
- Modelo 3 Retornos Variables a Escala Base (aditivo).
- Modelo 4 Retornos Constantes a Escala Base (aditivo).

¹ Las interacciones entre tráfico se definen como el periodo en el que dos aeronaves se encuentran simultáneamente en un volumen cuadrícula 20x20 Nillas Náuticas y 3000 pies de altitud.

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

En los modelos orientados a la salida el punto proyectado al que podrían llegar las unidades evaluadas como ineficientes se calcula de manera que el aumento proporcional de las salidas sea el máximo posible sin aumentar el nivel de las entradas. En los modelos a escala base se intenta minimizar el consumo de entradas para conseguir un nivel de producción dado.

La consideración de retornos variables o constantes con la escala se introduce en el estudio porque a priori no existe evidencia para afirmar que existan retornos variables, o constantes a escala.

A continuación se analizan de manera general los resultados obtenidos, si bien cabe resaltar que este es únicamente un estudio preliminar. En la **Tabla 4** se presentan el cuadro de valores observados para todos los ANPS y la distancias a la envolvente para entidades clasificadas como ineficientes, que corresponde a la ineficiencia en cada variable, para cada modelo. Con base en esto se puede inferir en cuales variables se encuentran las debilidades de cada entidad y cuál es su potencial de mejora.

Tabla 4. Resultados de los modelos DEA

Proveedor	Puntuación de eficiencia			
	Orientado a salida		Orientado a entrada	
	Retornos variables a escala	Retornos constantes a escala	Retornos variables a escala	Retornos constantes a escala
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Aena	100	42,99	100	42,99
ANS CR	56,82	55,72	60,94	55,72
ARMATS	100	76,29	100	76,29
Austro Control	66,4	60,24	61,05	60,24
Avinor	58,5	57,28	59,79	57,28
Belgocontrol	30,04	38,64	47,43	38,64
BULATSA	68,21	62,98	65,04	62,98
Croatia Control	66,3	58,26	63,23	58,26
DCAC Cyprus	100	100	100	100
DFS	100	38,67	100	38,67
DHMI	100	76,54	100	76,54
DSNA	100	46,22	100	46,22
EANS	100	100	100	100
ENAV+ITAF	100	53,8	100	53,8
Finavia	52,02	50,95	56,71	50,95
HCAA	100	100	100	100
HungaroControl	69,19	65,38	65,97	65,38
IAA	93,6	75,92	90,84	75,92
LFV	96,63	89,4	95,9	89,4
LGS	93,97	89,62	91,67	89,62
LPS	72,66	72,14	80,4	72,14
LVNL	43,04	41,65	52,78	41,65
MATS	100	100	100	100
M-NAV	100	100	100	100
MoldATSA	100	71,43	100	71,43

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

MUAC	100	100	100	100
NATA Albania	100	100	100	100
NATS (Continental)	100	51,98	100	51,98
NAV Portugal (Continental)	77,27	74,12	80,69	74,12
NAVIAIR	58,43	56,86	59,6	56,86
Oro Navigacija	82,55	82,27	83,48	82,27
PANSA	66,96	66,51	66,73	66,51
ROMATSA	55,45	51,96	53,23	51,96
Skyguide	65,54	61,9	70,81	61,9
Slovenia Control	100	83,25	100	83,25
SMATSA	85,89	70,18	82,84	70,18

Para los modelos 1 y 3, de retornos variables a escala de las 35 entidades analizadas 15 conforman la envolvente que define la eficiencia, en consecuencia, 20 entidades se identificaron como ineficientes, y podrían generar mayor número de salidas con los recursos actuales, y viceversa producir sus salidas actuales con un menor número de recursos. Los ANSP que sirvieron de referencia para el mayor número de sus semejantes fueron MUAC, NATA Albania y DCAC Cyprus. Estos deberán analizarse internamente para identificar las prácticas que les permiten tener un alto desempeño.

Para los modelos 2 y 4, de retornos constantes a escala de las 35 entidades analizadas 7 conforman la envolvente que define la eficiencia, en consecuencia, 28 entidades se identificaron como ineficientes, y podrían generar mayor número de salidas con los recursos actuales, y viceversa producir sus salidas actuales con un menor número de recursos. Los ANSP que sirvieron de referencia para el mayor número de sus semejantes fueron los mismos que en los otros dos modelos.

En relación con la selección entre los modelos, se debe recalcar que todos dan criterios de análisis importantes, sobre cómo puede cambiar la situación de un ANPS, mejorando su nivel de salidas o reduciendo su nivel de entradas. La decisión sobre cual alternativa elegir se debe basar en los requerimientos del mercado, y la forma como el ANPS logrará mejorar su sostenibilidad a largo plazo. Se debe tener en cuenta que este análisis es de tipo comparativo, por lo que no se puede afirmar que las entidades clasificadas como eficientes no tengan potenciales de mejora, por esta razón, y para evaluar los progresos de las que se clasifican como ineficientes, se debe realizar este análisis de manera periódica.

CONCLUSIONES

El método empleado se ha adaptado muy bien al análisis de empresas que emplean en su proceso productivo múltiples inputs y generan varios outputs (capacidad, seguridad, demora, etc...) como es el caso de los proveedores de servicios de navegación aérea.

Los resultados obtenidos han permitido analizar los distintos proveedores de servicios de navegación aérea europeos en términos de eficiencia relativa, así como determinar que estrategias y actuaciones deberían acometer cada uno de ellos para llegar a un nivel de eficiencia óptima. Este análisis comparativo permite determinar cuáles son los proveedores que tiene un mayor margen de mejora de eficiencia para conseguir los objetivos fijados por el marco de evaluación del Cielo Único Europeo, así como determinar cuáles son los proveedores que más eficientemente están trabajando.

Adicionalmente la aplicación del método ha ofrecido una gran cantidad de información particularizada para cada empresa que puede ser empleada para establecer guías de actuación de cara a mejorar la eficiencia de las unidades ineficientes.

Arnaldo, Gómez y Sanz - Análisis DEA de los proveedores de Servicios de Navegación Aérea en el marco del Cielo Único Europeo.

En conclusión el estudio ha permitido constatar que el Análisis Envolvente de Datos es apropiado para analizar la eficiencia del sector público del transporte aéreo y en particular en la provisión de servicios de Navegación Aérea, a pesar de que este sector ha sido resistente a otros métodos, debido a la naturaleza compleja y a menudo desconocida de las relaciones entre las múltiples entradas y salidas que pueden participar para la evaluación de las diferentes empresas.

REFERENCIAS

- [1] Regulation (EU) No 390/2013 of 3rd May 2013, laying down a performance scheme for air navigation services and network functions.
- [2] Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes, 1978, Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2, 1988429-444.
- [3] Ahn, T., A. Charnes and W.W. Cooper, , "Efficiency Characterizations in Different DEA Models," *Socio-Economic Planning Sciences* 22, 253-257.
- [4] William W. Cooper , Lawrence M. Seiford y Joe Zhu. *Data envelopment analysis. History, Models and Interpretations*.
- [5] Charnes, A. y W.W. Cooper, "Management Models and Industrial Applications of Linear Programming", 2 vols., John Wiley and Sons, Inc., New York, 1961
- [6] Performance Review Report. An Assessment of Air Traffic Management in Europe during the Calendar Year 2012. Eurocontrol.
- [7] ATM Cost-Effectiveness (ACE) Benchmarking Report. Prepared by the Performance Review Unit (PRU) with the ACE Working Group. Eurocontrol. desde 2001 a 2011.

SEGURIDAD FÍSICA EN AEROPUERTOS INTERNACIONALES DE IBEROAMÉRICA

Osvaldo Azpeitia^a, Víctor Melitón^b, Pablo Di Gregorio^c

^a Departamento Desarrollo Aeroportuario, Universidad Provincial de Ezeiza, Argentina. ooazpeitia@anac.gov.ar

^b Departamento Desarrollo Aeroportuario, Universidad Provincial de Ezeiza, Argentina. vmeliton@upe.edu.ar

^c Departamento Desarrollo Aeroportuario, Universidad Provincial de Ezeiza, Argentina. pdigregorio@upe.edu.ar

RESUMEN

En orden a lo establecido en el Anexo 17 – Seguridad de OACI, cada Estado signatario tendrá como objetivo primordial la seguridad de pasajeros, tripulaciones, personal en tierra y público en general en todos los asuntos relacionados con la salvaguardia contra actos de interferencia ilícita a la aviación civil.

Simultáneamente, conforme al Anexo 9 Facilitación, cada Estado debería disponer en la medida de lo posible, que los controles y procedimientos de seguridad causen un mínimo de interferencia o demoras en las actividades de la aviación civil, siempre que no se comprometa la eficacia de esos controles y procedimientos.

El objetivo del presente trabajo es presentar una discusión en relación a la complejidad de aplicación de los procedimientos y retos a los que se enfrentan los principales estados de la Región CAR SAM y otros países de referencia en pos de garantizar los niveles de seguridad física requeridos considerando además no superar los tiempos de facilitación.

Los resultados obtenidos indican que si bien los Estados cumplen con los estándares mínimos de seguridad, el contexto social, económico, laboral y estratégico los obliga a fortalecer las medidas de control, las que pudieren optimizarse mediante la aplicación de acuerdos de cooperación.

ABSTRACT

According to Annex 17 - Security, each signatory State must ensure that the safety of passengers, crews, ground personnel and general public is a primary consideration in the safeguarding action initiated against acts of unlawful interference affecting civil aviation.

Simultaneously, pursuant to Annex 9 - Facilitation, each State should regulate that security controls and procedures slightly interference or delay civil aviation activities, as far as efficiency is not affected.

The objective of this paper is to introduce a discussion related to the complexity that arises when procedures are applied, and the challenges faced by the main States that belong to the CAR SAM Region and other relevant States, in order to guarantee the required security levels without exceeding facilitation times.

The results which have been obtained show that in spite of not complying with the minimum security standards, the States' social, economic, working and strategic context obliges them to strengthen the control measures which may be optimized by means of cooperation agreements.

PALABRAS CLAVE: Seguridad física, prevención, diagnóstico, procedimientos, facilitación.

INTRODUCCIÓN

La trascendencia otorgada por la prensa internacional a los hechos relacionados con los accidentes de aviación civil, principalmente durante la década del '60, hizo que el transporte aéreo en particular se transformara en un blanco predilecto de algunas organizaciones criminales.

Primero como una modalidad de acción política directa por parte de los movimientos de liberación nacional (extremismo político) en diversas regiones del mundo en el marco de la guerra fría y luego, por parte de organizaciones armadas más radicalizadas en el marco del conflicto del oriente medio (fundamento ideológico o fanatismo religioso).

Siendo en esta última región, donde eligieron llevar a cabo acciones directas preponderantemente sobre este medio de transporte a nivel global y más allá de las fronteras territoriales, iniciándose de esta manera una escalada de violencia que aún no ha concluido y donde las últimas acciones han puesto seriamente en tela de juicio la viabilidad del propio negocio.

De acuerdo con lo anterior, se presenta la Figura 1, la cual muestra la evolución de los actos de interferencia ilícita ocurridos en el transporte aéreo durante el período 1.970-2.012.

Asimismo resulta posible verificar que el número ha disminuido progresivamente, partiendo de los 100 casos en el año 1.970 hasta alcanzar los 10 casos en el 2.012.

Otro dato a resaltar resulta la evolución en la cantidad de víctimas fatales asociadas a estos casos de interferencia ilícita, pudiéndose atribuir ello a la incorporación de nuevas medidas de seguridad adoptadas por los Estados. Ver Figura 2.

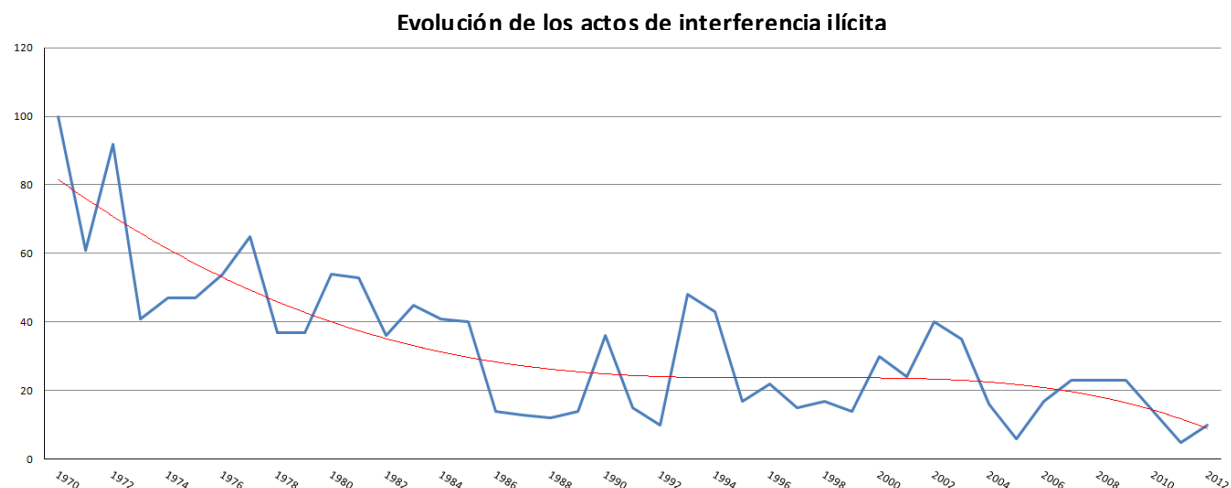


Figura 1. Evolución de los actos de interferencia ilícita en la aviación – Período 1970-2012.



Figura 2. Evolución del número de víctimas fatales por interferencia ilícita en la aviación – Período 1970-2012.

Por definición, el concepto seguridad aeroportuaria engloba la organización de diversos medios técnicos, materiales y humanos, con el fin de disuadir, prevenir y, en último extremo, neutralizar, cualquier acto ilícito que atente contra los eslabones que conforman la cadena de ese transporte. Éstos son de lo más complejo y variado, pero básicamente giran en torno a las aeronaves y a las terminales aeroportuarias, con las plataformas de estacionamiento, calles de rodaje y pistas como nexos de unión.

De acuerdo con ello, se deben extremar las medidas de seguridad en aquellos sectores donde existen flujos por los que concurren pasajeros, equipajes y mercancías, como clientes, y los aviones, equipos aeroportuarios y personal, como proveedores de servicios. La enorme complejidad y variada actividad de una instalación de esta clase, supone estar sujeto a un amplio espectro de riesgos para todos los agentes implicados.

Cabe destacar que, conforme a las normas internacionales ONU y su organismo especializado sobre Aviación Civil la OACI, la seguridad del Transporte Aéreo descansa sobre los esfuerzos compartidos que deben realizar principalmente los Estados miembros, como los mayores responsables de brindar y garantizar la seguridad pública integral en sus respectivas jurisdicciones ante la comunidad internacional en virtud de los Convenios y Acuerdos de Derecho Aeronáutico Penal suscriptos desde el Convenio de Tokio de 1963.

Adicionalmente los explotadores privados comerciales, sean estos Aeropuertos o Líneas Aéreas por sus propias y específicas responsabilidades deben adoptar y/o colaborar con medidas de seguridad impuestas. Todo ello, en virtud del compromiso directo que asumen al momento de cobrar la tasa por uso de las Aerostaciones o al celebrarse el contrato de transporte aéreo entre las aerolíneas y sus usuarios (los pasajeros).

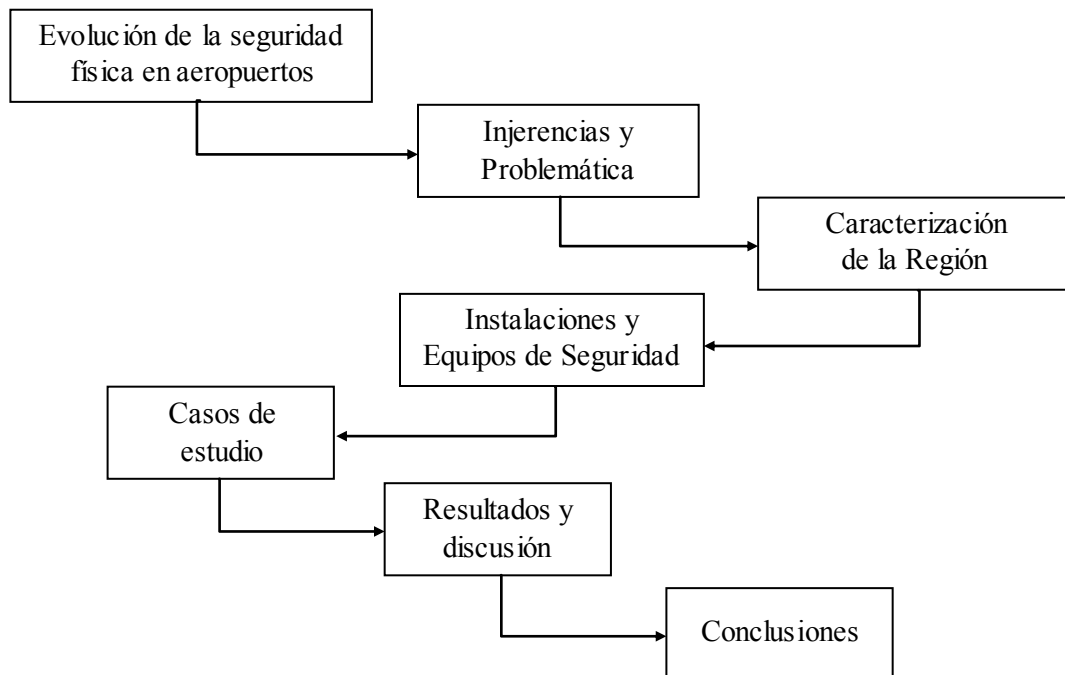
En ese sentido, se han fijado pautas y estrategias a fin de garantizar la seguridad física de los distintos usuarios del sistema de transporte aéreo, basados principalmente en las Normas y Métodos Recomendados establecidos en el Anexo 17 de OACI y las particularidades adoptadas por los distintos Estados en función de las características analizadas para su propia matriz de riesgo.

Este trabajo propone hacer un análisis general de las medidas adoptadas por distintos Estados de la Región e identificar matrices de riesgo en función de las mismas.

METODOLOGÍA

Este trabajo propone generar una discusión sobre las distintas medidas y procesos de seguridad física implementados a lo largo del tiempo, su relación con los principales hechos de interferencia ilícita ocurridos, los retos y problemáticas que afrontan los distintos Estados y Organismos intervinientes, sus requerimientos y la necesidad de mantener los tiempos de proceso adecuados según los parámetros de Facilitación establecidos en el Anexo 9 de OACI.

En ese contexto se plantea a continuación un cuadro simplificado de la metodología a seguir a fin de cumplir con el objetivo establecido precedentemente:



DESARROLLO

- EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD FÍSICA EN AEROPUERTOS

A modo de reseña se presentan alguno de los casos más relevantes ocurridos a lo largo de la historia en materia de transgresiones a la seguridad de la aviación y las principales medidas y criterios adoptados tendientes a tratar dichas acciones.

Tabla 1. Cronología de las principales trasgresiones a la seguridad de la aviación.

Fecha	Hecho relevante	Afecciones
06-09-70	Secuestro de cuatro aeronaves de distintas nacionalidades en simultáneo por un grupo de guerrilleros palestino. Tres de ellos fueron volados luego de evacuar el pasaje.	1.200 rehenes
16-12-73	Un comando palestino ataca con granadas incendiarias un B-707 de PAN AM en el aeropuerto de Roma. Luego secuestraron un B-737 de Lufthansa.	Mueren 30 ocupantes del B-707, un oficial de aduana y uno de los 8 rehenes.
06-10-76	El vuelo CU-455 de la empresa Cubana de Aviación, un DC-8 sufre dos explosiones en vuelo.	Mueren los 73 ocupantes
04-12-77	Un B-737-200 fue tomado por secuestradores y posteriormente estrellado en Tanjung Kupang (Malasia).	Mueren los 100 ocupantes
19-06-85	Explosivo en el Aeropuerto de Frankfurt Alemania detonado por comando palestino.	3 muertes y 42 heridos
23-06-85	Un B-747 de la empresa Air India explotó en el espacio aéreo de Irlanda. El mismo día explotó una bomba destinada a otro vuelo de la misma empresa en el aeropuerto de Narita – Japón.	Murieron los 329 ocupantes y en el aeropuerto fallecieron otras 2 personas del servicio de rampa.
23-11-85	Un B-737 de la compañía Egypt Air fue secuestrado por un comando árabe cuando se dirigía a El Cairo procedente de Atenas (Grecia).	Mueren 60 personas
29-11-87	Un B-707 de la empresa Corean Air explotó sobre el Mar de Andamán.	Mueren los 115 ocupantes
22-12-88	Un explosivo colocado en una de las bodegas del B-747-100 de Pan-Am (vuelo 103).	Mueren 259 personas a bordo y 11 en tierra
27-11-89	El cartel de Medellín hace explotar un B-727 de Avianca con intenciones de matar al candidato a presidente Cesar Gaviria.	Mueren los 107 ocupantes. Dos de ellos del cartel de Cali
24-12-94	Un A-300 es secuestrado con intención de un atentado a la Torre Eiffel que no pudo concretarse	Mueren 3 pasajeros y todos los terroristas en el enfrentamiento
11-09-01	Aviones secuestrados se estrellan contra las torres gemelas.	2.792 muertos y 2.337 heridos
24-08-04	Un Tupolev Tu-134 y un Tu-154 estallan en el aire luego de despegar del aeropuerto de Moscú.	Mueren los 89 ocupantes
30-12-06	Una bomba de entre 200 y 500 kg estalla en la T4 de Barajas – Madrid.	Mueren 2 personas y 20 heridos

Adicionalmente se han producido hechos de nuevas formas de terrorismo tales como la aparición del “anthrax”, el sospechoso accidente del A-300 de American Airlines (donde se especuló la posibilidad de explosivos barométricos) y el terrorista que embarcó otro vuelo de esa compañía con sus letales zapatillas.

Y todo ello sin olvidar que, en la mayor parte de los secuestros ocurridos a lo largo de la historia, los actores siempre eran “pasajeros normales”.

Los hechos presentados en la Tabla 1 obligaron a tomar medidas adicionales en materia de seguridad e incrementar sus esfuerzos a fin de combatir la escalada de atentados, en ese sentido se presenta a continuación la tabla 2 con las principales medidas de seguridad adoptadas por los Estados.

Tabla 2. Cronología de las principales medidas de seguridad adoptadas.

Fecha	Acciones
1.961	En EEUU se inicia el programa de inclusión de agentes armados en los vuelos comerciales.
1.972	A finales de año todas las instalaciones debían estar provistas con equipos de detección de armas y explosivos y la identificación de personas y vehículos en los recintos aeroportuarios y estar preparadas para controlar a todos los pasajeros y el equipaje de mano que embarcaban.
1.974	Entra en vigencia el Anexo 17 (Seguridad) al Convenio de Chicago. Se traslada la responsabilidad a los Estados la regulación y vigilancia de la gestión directa de la seguridad, que recae sobre aerolíneas y autoridades aeroportuarias.
1.985	Conciliación equipaje pasajero. Ningún equipaje es transportado si el pasajero asociado no aborda la aeronave. Medida que inicialmente era aplicada por algunos países y luego se generalizó.
1.991	Se dispone la marcación química en la fabricación de explosivos plásticos para facilitar su detección.
1.997	La CEAC (Conferencia Europea de Aviación Civil) emite una directiva control de todas las maletas en bodega mediante equipos de detección de explosivos EDS.
2.001	Se convoca a la Conferencia de Alto Nivel Ministerial con objeto de adoptar medidas urgentes en materia de protección.
2.002	Se incorporaron nuevas normas relativas fundamentalmente al control de la calidad a instrumentar mediante un Programa Universal de Auditorías de la OACI.
2.006	Se establece la obligatoriedad de inspección y registro del 100 % de los equipajes facturados, las cargas, el correo y los suministros del explotador que vayan a ser transportados por aeronaves destinadas al transporte comercial.

Por último, se están evaluando nuevas hipótesis de conflicto tales como el terrorismo cibernético, el cual se basa en la excesiva dependencia de la aviación comercial de las tecnologías de la información y de los sistemas globales (reservas, ATC, planificación vuelos, SITA, etc.).

En ese contexto, los Estados y las principales Organizaciones están trabajando y analizando posibles acciones tendientes a garantizar la seguridad, pudiéndose señalar:

- La implementación en mayor escala de técnicas de identificación biométrica, de manera que cualquier persona no identificada pueda ser delatada a tiempo.
- La implementación de foros como el STEADES (Safety Trend Evaluation Analysis and Data Exchanges System) y GASAG (Global Aviation Security Action Group) que permitirán el acceso a una base de datos con incidentes y recomendaciones.
- La posibilidad de equipar a las aeronaves con transpondedores que imposibiliten su desconexión, el bloqueo de los mandos de la aeronave en situaciones límite y sistemas que permitan al ATC (*Air Traffic Control*) tomar el control de la aeronave.
- Uso de listados API (Información previa del pasajero) que permitan evaluar al pasajero con antelación a su viaje y verificar su aceptación o rechazo en el país de destino.

- INJERENCIAS Y PROBLEMÁTICA

Como se ha mencionado precedentemente, si bien cada Estado es el principal responsable por la seguridad física de las personas, los operadores aeroportuarios y líneas aéreas tienen participación directa debiendo colaborar de forma activa; debiendo estos últimos en algunos casos implementar sus propios sistemas de control en adición a los ya impuestos por la Autoridad Aeronáutica local.

En ese contexto, un nuevo debate ha surgido sobre quién debe hacerse cargo del incremento en los costes de implementación de las nuevas medidas, principalmente por la adaptación de los nuevos equipos y personal; como así también los inconvenientes generados por mayores tiempos empleados en los distintos procesos de facturación y embarque, obligando a los pasajeros a presentarse con mayor antelación.

Asimismo hay que considerar que, al objetivo primordial de los Estados de la protección del transporte aéreo, se suma el interés de las agencias de gobierno por el control del Contrabando y particularmente, su figura agravada el “Narcotráfico”. Generándose así, la concurrencia de diversas agencias de control sobre los pasajeros y sus equipajes. Como son las Policías de Seguridad, Aduanas, Agencia Especializada Antidrogas, empresas privadas de seguridad contratadas por los explotadores.

Por ello, la forma de optimizar y armonizar todos estos organismos y procedimientos de control (la mayoría de las veces duplicados y muchas veces triplicados o cuadruplicados, sobre un mismo itinerario de vuelo) consiste en la compleja y esencial tarea de la COORDINACION en el marco de una Gestión Estratégica Integral.

Salvo algunas excepciones y en virtud del principio de soberanía de los Estados, a nivel global corresponde a la Autoridad Aeronáutica Competente de cada país y al funcionario designado por ésta, en cada aeropuerto internacional, dicha responsabilidad y labor esencial.

Teniendo en cuenta además que, cada norma que debió ser implementada mediante procedimientos recomendados implicó grandes y nuevas inversiones en infraestructura, tecnologías y personal, no se puede omitir la realidad socio-económica y capacidad real de cada Estado para adecuarse al cumplimiento de los compromisos internacionales en la materia.

- CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN

Con objeto de limitar el presente, se realiza una selección de aquellos países considerados como relevantes en la región de Sudamérica (SAM) y Caribe (CAR).

Asimismo, se incluye en el análisis otros países según las siguientes consideraciones:

- Otros países fuera de la región ligados directamente a Iberoamérica;
- Otros países representativos de las regiones del Oeste y el Este del África;
- Otros países con distintas complejidades a las que posee la región de análisis.

En ese contexto se presentan diversos parámetros básicos tales como, población, PBI, número de aerolíneas, flota de aeronaves, pasajeros transportados e ingresos con objeto de tener una aproximación a las dificultades con las que se enfrentan los diferentes gobiernos y las organizaciones de la industria al momento de adecuar su sistema de transporte aéreo a los estándares internacionales y regionales. De acuerdo con lo anterior, se plantea la tabla 3 según la información publicada por la A.L.T.A. [1].

Tabla 3. Participación de la Región LATAM y CARIBE del mercado aéreo mundial.

	Global	Latam y Caribe	Participación
Población	6.900 Millones	590 Millones	8,60%
PBI	62.909.000 Millones	4.832.000 Millones	7,70%
Ingresos	584.000 Millones	27.000 Millones	4,60%
Pasajeros	4.800 Millones	369 Millones	7,70%
Aerolíneas	852	89	10,40%
Flota	19.410	1.150	5,90%

Tabla 4. Principales características de los países de Iberoamérica.

País	Población	PBI x1.000	Renta per Cápita	Posición Global
Argentina	40.764.561	474.865.107	10.942,00	24
Bolivia	10.088.188	27.035.109	2.374,00	84
Brasil	196.655.014	2.252.664.210	12.594,00	7
Chile	17.269.525	268.313.657	14.394,00	33
Colombia	46.927.125	369.812.734	7.104,00	28
Ecuador	14.666.055	84.532.445	4.496,00	56
México	114.793.341	1.177.271.270	10.047,00	14
Paraguay	6.568.290	25.502.061	3.629,00	85
Perú	29.399.817	197.110.989	6.018,00	45
Uruguay	3.368.595	49.059.705	13.866,00	68
Venezuela	29.278.000	382.424.449	10.810,00	27

Tabla 5. Principales características de los países de asociados.

País	Población	PBI x1.000	Renta per Cápita	Posición Global
España	46.235.000	1.349.350.720	31.985	13
Marruecos	32.272.974	96.729.448	3.054	54
Países Bajos	16.696.000	772.226.810	50.085	18
Portugal	10.637.000	212.454.097	22.485	40

Tabla 6. Principales características de los países Ex colonias de España y Portugal.

País	Población	PBI x1.000	Renta per Cápita	Posición Global
Guinea-Bissau	1.547.061	897.408	626,00	157
Mozambique	23.929.708	14.587.709	533,00	103

Como se ha mencionado, los desafíos planteados a los que se enfrentan los Estados en materia de vulneraciones a la seguridad pueden agruparse principalmente según tres corrientes, siendo las mismas el narcotráfico, el terrorismo y el terrorismo por narcotráfico.

En ese contexto los Estados pueden clasificarse en función de la problemática específica a la que enfrentan según esta clasificación planteada, subdividiéndose según las características particulares de la problemática del país; planteándose para el análisis la clasificación definida por la tabla 7.

Tabla 7. Problemática a enfrentar por los países de Iberoamérica.

Problemática	Clasificación	Sigla	Observaciones
Narcotráfico	Origen	O	Países que principalmente exportan sustancias
	Tránsito	FDT	Países con facilidades para la distribución y tránsito
	Precursor químico	EPQ	Países generadores de sustancias químicas utilizadas posteriormente en confección de drogas.
	Destino	D	Países con alto poder adquisitivo y consumo
Terrorismo	Activo	A	Países con actividad reciente (menos de 5 años)
	Inactivo	I	Países con actividad lejana (más de 5 años)
Terrorismo x Narcotráfico	Activo	A	Países con actividad reciente (menos de 5 años)
	Inactivo	I	Países con actividad lejana (más de 5 años)

Se presenta a continuación una matriz de riesgo en la que se determina el índice de complejidad de cada uno de los países bajo análisis. Los datos de la misma surgen del Departamento de Estado de los EEUU (LARE) [2] y del análisis de datos publicados por UNODC [3].

Tabla 8. Problemática a enfrentar por los países de Iberoamérica.

País	Narcotráfico				LARE	Terrorismo	Terrorismo x Narcotráfico	Índice de Complejidad
	O	FDT	D	EPQ				
Argentina	--	x	--	x	--	I	--	II
Bolivia	x	--	x	--	x#	A	A	IV
Brasil	--	x	--	x	(x)	--	A	III
Chile	--	--	--	--	--	--	--	I
Colombia	x	x	--	--	x	A	A	IV
Ecuador	x	x	--	--	x	--	--	II
México	--	x	x	x	x	--	A	IV
Paraguay	--	--	--	--	--	A	--	II
Perú	x	--	--	--	x	--	A	III
Uruguay	--	--	--	--	--	--	--	I
Venezuela	--	x	--	--	x#	--	--	III

Tabla 9. Problemática a enfrentar por los países asociados.

País	Narcotráfico				LARE	Terrorismo	Terrorismo x Narcotráfico	Índice de Complejidad
	O	FDT	D	EPQ				
España	--	--	x	--	--	A	--	III
Marruecos	x	x	--	--	--	--	--	II
Países Bajos	x	--	x	--	--	--	--	II
Portugal	--	--	x	--	--	--	--	I

Tabla 10. Problemática a enfrentar por los países Ex colonias de España y Portugal.

País	Narcotráfico					Terrorismo	Terrorismo x Narcotráfico	Índice de Complejidad
	O	FDT	D	EPQ	LARE			
Guinea-Bissau	--	x	x	--	--	--	--	II
Mozambique	--	x	x	--	--	--	--	II

Siendo:

- I

Levemente Complejo
- II

Complejo
- III

Muy Complejo
- IV

Extremadamente Complejo
- #

Incumple de manera demostrable
- (X)

Logró salir de la lista LARE (US)

Otro dato a resaltar surge de las Auditorias sobre Seguridad Operacional realizadas por la OACI, a fin de considerar la evolución de cada país.

En ese sentido y a nivel macro se presenta a continuación las figuras 3 y 4 [4], que representan a nivel global el promedio de la falta de aplicación eficaz (LEI) de cada uno de los elementos críticos (CE) y áreas de auditorías (AA), con base a las auditorías realizadas entre el período 2.008-2.011.

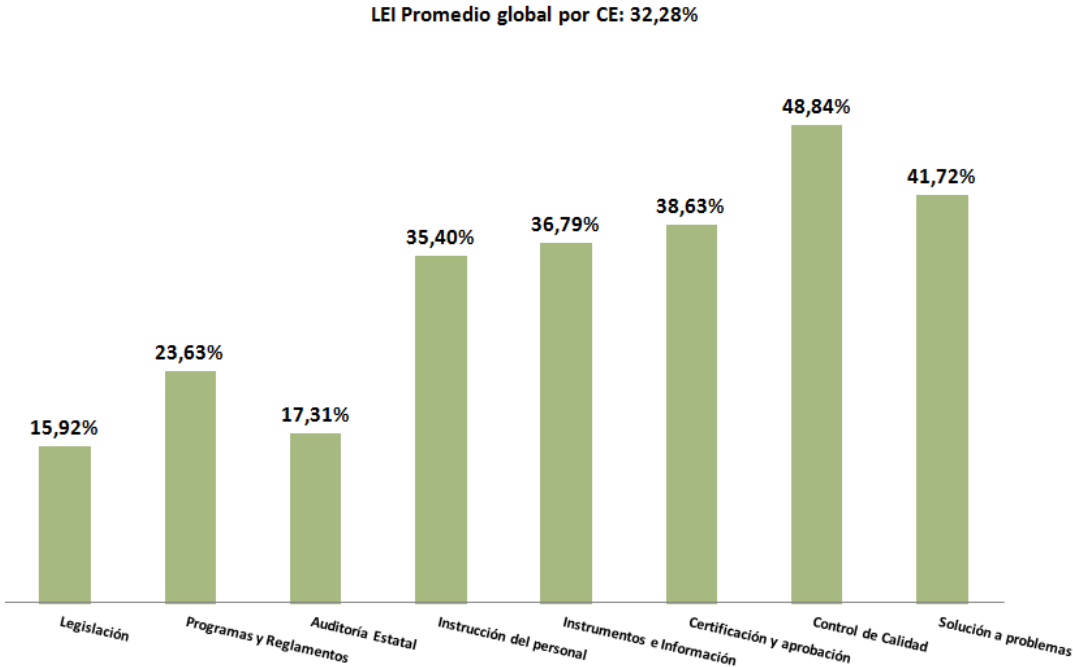


Figura 3. Promedio global de la falta de aplicación eficaz evaluando Elementos Críticos en materia de seguridad.

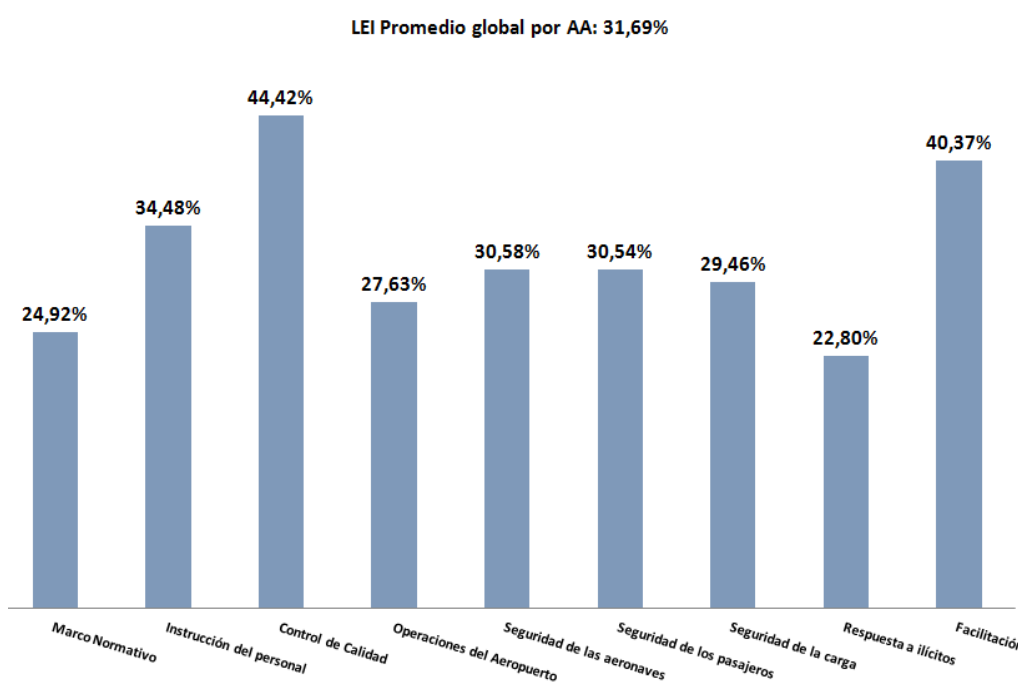


Figura 4. Promedio global de la falta de aplicación eficaz evaluando Áreas de Auditoría en materia de seguridad.

Por otro lado, respecto a la situación de la seguridad operacional de cada uno de los Estados analizados en el presente surgen la tabla 11 la cual está construida en base a los resultados presentados por OACI [5]:

Tabla 12. Porcentaje de cumplimiento seguridad operacional.

País	Puntos	Cumplimiento %
Argentina	70	90
Bolivia	60	80
Brasil	69	90
Chile	72	90
Colombia	64	80
Ecuador	61	80
México	69	90
Paraguay	38	40
Perú	59	80
Uruguay	36	40
Venezuela	68	90
España	97	90
Portugal	60	80
Marruecos	52	70
Países Bajos	71	90
Guinea Bisau	19	20
Mozambique	31	40

INSTALACIONES Y EQUIPOS DE SEGURIDAD

Como se ha mencionado precedentemente, desde la década del 60 comenzaron a regir los primeros Acuerdos Internacionales en materia de seguridad, en ese contexto, los equipos de control o inspección y registro de los pasajeros y sus equipajes utilizados en todos los aeropuertos del mundo, están basados en las siguientes tecnologías:

- Pórtico detector de metales;
- Paletas detectoras de metales;
- Equipo de inspección por Rayos X;

Con una dotación mínima recomendada de 5 operadores, los cuales deben rotar en la ejecución de las diferentes tareas en el punto de inspección y registros cada 20 minutos por razones de seguridad radio física, dado que no pueden volver a operar el Equipo de Rayos X sin antes descansar por lo menos 40 minutos.

Aleatoriamente, algunas Organizaciones y Estados con mayor participación en el mercado aerocomercial, o que enfrentan mayores niveles de amenazas, pueden decidir complementarlos con equipos más sofisticados de Detección de Explosivos y Narcóticos o Biosensores (canes de trabajo).

Pero ello, implica por un lado, la asignación de más recursos humanos y por el otro una importante inversión en las nuevas tecnologías de vanguardia las cuales ya se encuentran a prueba en algunos aeropuertos y que muchas veces, requieren de procedimientos de homologación y una adecuación normativa previa.

Estas nuevas tecnologías están basadas en los conceptos de:

- Identificación Biométrica del personal y pasajeros frecuentes
- Tomógrafos para la inspección de equipajes, cargas y correo
- Equipos de Rayos X o Resonancia Magnética para la inspección de personas
- CCTV con soporte informático inteligente

CASOS DE ESTUDIO

1. Caso 1 – Consideraciones relacionadas con el uso de agentes armados a bordo.

Esta medida considerada un tanto extrema, por algunas organizaciones, merece una particular atención en tres casos de estudio:

- En EEUU, país de origen de la medida, pasó por distintas instancias. Desde su inicio, se sostuvo en el tiempo hasta la implementación, a principios de la década del 70, de las medidas preventivas de seguridad en tierra (pórticos detectores de metales y máquinas de rayos X) al considerar que ya no se justificaba su sostenimiento por su alto costo.

Con la reaparición e intensificación de los secuestros de aeronave en la década del 80, la FAA (Federal Aviation Administration) reactivó la medida pero, con el correr del tiempo y el fuerte lobby realizado por las principales aerolíneas nuevamente se redujo sensiblemente el programa.

Los atentados del 9-11 del 2001 sorprendieron a este Estado con tan solo 33 Comisarios Aéreos operativos, debiendo intervenir nuevamente para su reactivación e incremento sostenido.

Llegando a contar en la actualidad con aproximadamente 5.000 Agentes Federales para la seguridad armada a bordo y un presupuesto de 200 millones de dolares.

- El Estado de Israel, como consecuencia de un secuestro y negociación forzada con un grupo armado de origen palestino en 1.968 y por el cual estos últimos lograron intercambiar los rehenes por prisioneros, se decidió implementar la medida. Cabe destacar que a diferencia del caso anterior Israel pudo incrementarla y sostenerla en el tiempo todo ello principalmente basado en que, en reiteradas oportunidades, la medida ha resultado sumamente eficaz toda vez que los intentos de secuestrar sus aeronaves de bandera tanto en vuelo como en tierra han sido resueltos satisfactoriamente para el Estado.
- La República Argentina, prevé su aplicación desde 1.984 y surge como consecuencia directa del incidente con un vuelo de Aerolíneas Argentinas que se aprestaba a realizar el tramo Ezeiza-Madrid y que entre su pasaje se encontraba la ex Presidenta Isabel Martínez de Perón. Por tratarse de un vuelo considerado de “alto riesgo” fue sometido a medidas extraordinarias de seguridad y como consecuencia de ellas, se detectó un artefacto explosivo improvisado colocado en la denominada “Bodega 41” próxima al corazón electrónico de la aeronave. Posteriormente, por Orden Presidencial se dispusieron medidas de seguridad extraordinarias para toda la Flota Presidencial Argentina y Extranjera que nos visiten, entre ellas la figura del Agente de Seguridad Armado a Bordo. Desde ese entonces ha sido utilizado en contadas oportunidades con motivo de una evaluación de la amenaza, orden judicial o a requerimientos del comandante de aeronave de una aerolínea extranjera. Luego de los incidentes del 9-11 y mientras las autoridades nacionales evaluaban la implementación generalizada de dicha medida en todos los vuelos al exterior se reavivó el debate público por total desconocimiento técnico y primó la decisión política de no implementarla con dicha dimensión por su alto costo y otras implicancias.

Es importante considerar que la inclusión de agentes armados en vuelos comerciales ha dado origen a un interesante debate sobre cómo afectan los aspectos culturales de las tripulaciones respecto tanto a la aplicación de esta medida como también a la que los propios tripulantes de la cabina de vuelo porten armas.

Así en términos generales las tripulaciones de los EEUU son más propensas no solo a apoyar la medida de los agentes federales armados a bordo sino también a volar armados los propios pilotos. Pero en el caso de la CEE y particularmente en Inglaterra, se resisten dichas medidas.

Hay que aclarar, que oportunamente antes del 9-11, tanto la FAA de los EEUU como agencias de otros países han investigado sobre los riesgos que podrían representar para la seguridad operacional del vuelo los disparos con armas de fuego a bordo y han concluido que no generan una descompresión explosiva.

Finalmente, debemos señalar que, como en tantos otros casos polémicos para la implementación de determinadas medidas de seguridad, cuando no se puede obtener un importante consenso a nivel OACI, los Estados deben resolver estas situaciones extremas en virtud del principio de soberanía acudiendo a la firma de Cartas de Entendimiento o Acuerdos bilaterales que, por lo general, implican la reciprocidad.

2. Caso 2 – Acuerdos bilaterales.

Un caso de aplicación de acuerdos entre países resulta el alcanzado entre Argentina y Uruguay para la unificación de los controles fronterizos (servicio de control migratorio) en terminales portuarias.

Si bien no está relacionado directamente al ámbito aeroportuario, su aplicación contribuiría no solo a la optimización de los recursos disponibles sino que también mejoraría la facilitación hacia el pasajero o carga; no solo por la reducción de los recursos necesarios para llevar a cabo el control sino que también se disminuyen los tiempos requeridos para la inspección a los pasajeros.

CONCLUSIONES

- La escalada de los hechos de violencia se han ido incrementando con el correr del tiempo, afectando negativa y directamente el desarrollo del transporte aéreo, no solo en los costos asociados sino también en las víctimas y cadena de valor del sistema en general.
 - Principal incidente de la década del 70' tuvo un costo aproximado de 40 millones de dólares sin lamentar víctimas fatales.
 - Principal incidente de la década del 80' tuvo un costo aproximado de 400 millones de dólares y 332 víctimas fatales.
 - Principal incidente de la década del 00' tuvo un costo aproximado 40.000 millones de dólares y 3.000 víctimas fatales.Por lo cual los Estados tienen el compromiso de intervenir directamente en el sistema de seguridad.
- Todas las medidas de seguridad adoptadas terminan siempre interfiriendo, en mayor o menor medida, sobre las libertades y derechos del ciudadano; ya sea desde el punto de vista de la intrusión a la vida privada, mayores costos del sistema o disminuyendo la calidad del servicio a través de la necesidad de mayores tiempos de proceso.
- Los Estados son los encargados de diseñar e implementar Programas Nacionales de Evaluación de las Amenazas y Gestión del Riesgo a los efectos de responder los diversos desafíos planteados sin afectar la continuidad del negocio y la celeridad que caracteriza el Transporte Aéreo.

En ese contexto y a medida que fueron ocurriendo distintos hechos de relevancia que afectaron la seguridad de los vuelos, se ha requerido la aplicación de nuevas medidas de seguridad afectando directamente los tiempos de procesos.

A tal fin se han incorporado nuevas tecnologías, y optimizado los procesos necesarios coordinando esfuerzos con los diferentes actores del sistema, contribuyendo a mantener los tiempos aceptables de despacho de pasajeros, equipajes, cargas y correo.

No obstante lo anterior, y en función de las dificultades económicas y sociales vistas, algunos Estados de la región CAR SAM y otros de las regiones del África del Este o del Oeste, deberán continuar siendo asistidos por la comunidad internacional mediante la cooperación, el financiamiento y la asistencia técnica. Todo ello con miras a mejorar sus niveles de cumplimiento para continuar beneficiándose de las operaciones de transporte aéreo como una herramienta fundamental para el desarrollo de los pueblos y la integración regional.

- Por otro lado, ha quedado de manifiesto que el proceso de implementación de los procedimientos recomendados (medidas preventivas de seguridad) para cumplir con el marco normativo presenta las siguientes características:
 - 1) Ocurrencia de un evento trágico trascendental, para un Estado, para una región o para la comunidad internacional.

2) A nivel de cada jurisdicción mencionada, se disparan los mecanismos institucionales para la elaboración técnica legislativa del marco normativo. Por el principio de soberanía de los Estados y pudiendo ser éstos los directamente afectados por el incidente y en virtud de su evaluación de la amenaza los primeros en elaborar las contramedidas de carácter normativo en un tiempo relativamente corto, aproximadamente menos de un año. Dado que para la entrada en vigencia de una norma internacional este proceso es mucho más largo y dura aproximadamente de 4 a 6 años. Iniciándose en la OACI con la firma de los Acuerdos por parte de los representantes de los Estados miembro, luego dicho instrumento es tratado a nivel del Ejecutivo como proyecto de ley, para ser aprobado luego por el Congreso. Posteriormente es el mismo Poder Ejecutivo el que realiza el depósito de un documento ante la sede de la OACI ratificando el Acuerdo. Así finalmente, con la mitad más uno de los Estados que hubieren ratificado dicho instrumento legal, entre en vigencia para toda la comunidad internacional salvo que el Estado hubiere informado sus discrepancias.

3) Implementación de los métodos recomendados (medidas preventivas de seguridad) con la finalidad de dar cumplimiento a los estándares internacionales. (Adecuación de la infraestructura, incorporación de tecnologías y recursos humanos, instrucción y perfeccionamiento)

REFERENCIAS

- [1] Asociación Latinoamericana y del Caribe del Transporte Aéreo (ALTA) – “Informe Estadístico Anual”.
- [2] Departamento de Estado de los EEUU – Ley de Autorización de Relaciones Exteriores – Listado de países que requieren autorización especial para relaciones exteriores.
- [3] Oficina de las Naciones Unidas sobre Droga y Crimen (UNODC) – Informe Anual.
- [4] Universal Security Programme – Analysis of Audit Results (2.012)
- [5] Situación de la Seguridad Operacional de la Aviación Mundial - OACI

AEROLINEAS REGIONALES. CASO NEUQUÉN-ARGENTINA PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA Y DISEÑO A PARTIR DEL HUB

Prof. Dr. Carlos A. Ballistreri ¹

¹ Facultad de Filosofía y Letras. UNCuyo. Mendoza, Argentina.

Consultor aeroportuario y de compañías aéreas.

Ex perito-asesor de Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) de Alemania

E-mail: caballistreri@yahoo.com.ar

RESUMEN

El presente trabajo se encuadra en el proyecto de descentralización de redes aéreas propuesto para la integración regional de Argentina en el territorio del Cono Sudamericano (Ver www.rtt.filo.uba.ar N° 2). Consiste en analizar la prefactibilidad económica de rutas aéreas para desarrollar una red de explotación regional partiendo de un hub, tomándose como ejemplo el caso del aeropuerto de Neuquén. La metodología empleada permite abordar las principales características de los servicios aéreos regionales: demanda, estimación de servicios proyectados, equipamiento, delineamiento del ámbito de operaciones, análisis de las características técnicas esenciales para la selección de aeronaves y mapa de isocronas comparativas de distancias a recorrer por avión/vehículos terrestres. También se analizan costos e ingresos, coeficiente de ocupación necesario y nivel de equilibrio. Los resultados del estudio permiten determinar la factibilidad económica de las rutas aéreas a implementar por una compañía aérea regional de transporte regular de pasajeros desde el hub hacia los destinos considerados. Finalmente se plantean las principales conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

The present work to insert in the decentralization of air networks design proposal for the integration regional of Argentina in the South American Cone territory (To consult www.rtt.filo.uba.ar N° 2). To consist analyze the previous feasible economic of air routes for to develop the regional network to depart of the hub of Neuquén airport case. The methodology utilized to board a ship the essentials characteristics of the air regionals services: demand, estimate of services to designs, equipment, delineate of the contour actions, analysis of the characteristics technicals essentials for the selection of airships and map de isocronas comparison of distances airplane/automobile. Also they analized costs and money received, coefficient the occupation necessary and nivel of equilibrium. The results of the report to resolve the feasible economic of the air routes to deign for the regional air company of transport regular of passengers from the hub to ward stations consider. To finish they expose the essentials conclusions and recommendations.

Palabras clave: aerolíneas regionales-hub-prefactibilidad económica.

INTRODUCCIÓN

El estudio aquí presentado consiste en un análisis de prefactibilidad económica de rutas aéreas regionales regulares con base en la ciudad de Neuquén y destinos a Mendoza, San Rafael y Malargüe hacia el norte; Bahía Blanca en el litoral atlántico; Cutral-Có y Bariloche con conexiones a Temuco y Puerto Montt, en Chile. Mediante el mismo se busca obtener un panorama sobre la viabilidad económica de las rutas que conforman la red de servicios proyectados. Con esta finalidad se han tratado las características de los servicios aéreos regionales, aspectos que hacen a la demanda, al ámbito de operaciones, a la selección de

aeronaves y a fin de visualizar el ámbito de operaciones considerado se implementó un mapa de isocronas para comparar distancias posibles de recorrer con avión y con vehículos terrestres en la misma unidad de tiempo. Por último se analizaron costos e ingresos, lo cual permitió determinar el coeficiente de ocupación necesario para alcanzar el nivel de equilibrio. El propósito central es presentar las bases para un criterio de diseño de aerolínea regional a partir de un hub y fueron tomadas de un estudio más amplio que realizáramos previamente sobre factibilidad económica aerocomercial. Si bien los resultados a los que se arriba son significativos a los efectos decisivos, por encima de ellos se destaca el método del cual se desprenden, razón por la cual se ha considerado innecesario modificar datos y valores otrora vigentes. Ante todo se ha pretendido brindar una respuesta metodológica destinada a satisfacer consultas realizadas desde el ámbito académico del transporte aéreo por estudiantes e investigadores pertenecientes a disciplinas diversas tales como ingeniería, gestión y administración.

1) CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS AÉREOS REGIONALES

Para que un servicio aéreo resulta atractivo, no sólo frente a los ofrecidos por otras aerolíneas sino también respecto a los servicios que brindan medios terrestres tales como el tren o el ómnibus, debe presentarse como un auténtico servicio integrado, ofreciendo tarifas competitivas y versatilidad de conexiones a fin de dar una respuesta satisfactoria a las crecientes exigencias de las demandas del transporte de pasajeros y cargas. La evolución de la infraestructura aeroportuaria constituye un requisito básico en éste sentido. Una condición de capital importancia para que una red de servicios aéreos resulte funcional en su conjunto pasa por la armonía y complementariedad entre la red troncal y los vuelos regionales que tienen como punto de salida y llegada un hub, esto es, un centro de concentración y distribución de vuelos desde el cual los pasajeros tienen la posibilidad de múltiples conexiones con opciones de horarios derivadas de frecuencias suficientes.

No existe una definición excluyente respecto de los servicios aéreos regionales. Habitualmente se denominan así a los vuelos que partiendo de un punto o ciudad de un país llegan a otro punto o ciudad de un país limítrofe. No obstante, haremos referencia a algunas definiciones que permitan conocer mayores precisiones. En principio, al no tener el término “región” el mismo alcance en un país que en otro, la definición “aviación regional” resultará bastante imprecisa y ambigua. Así por ejemplo, para EE.UU. y Europa la definición de “aviación regional” se ajusta a un conjunto de enlaces de distancias cortas dentro de un ámbito territorial definido, pero sin cubrir rutas internacionales de frontera. Si bien la rentabilidad depende de varios factores, está sujeta a la cobertura de una distancia mínima relativa denominada “límite de fatiga-costos”. Con respecto al automóvil esta dimensión está establecida en aproximadamente unos 250 kilómetros de recorrido o bien unas 2,5 horas de viaje por carretera. Por debajo de esa distancia kilométrica o temporal el avión no puede competir con el auto; por encima de ella, la fatiga relacionada con el costo del desplazamiento hace que el avión pase a ser la opción más conveniente para el pasajero. Y en ese escaso margen la compañía aérea debe alcanzar el beneficio.

Entre las características a considerar para los servicios aéreos regionales propuestos se mencionan las siguientes: a) Se sirven con aviones cuyo porte no supera los 80/90 asientos; b) Unen destinos separados entre 200 km. y 500/600 km. de distancia ortodrómica, o menores si se encuentran separados por barreras montañosas, estrechos marítimos o fronteras políticas; c) Mantienen un flujo de demanda relativamente parejo durante el año, con mínimas fluctuaciones estacionales y marcadas reducciones durante los fines de semana; d) Entre los motivos de viajes se destacan los negocios y visitas familiares o sociales; e) La tarifa medida en pesos/km. es relativamente cara en relación a la pequeña distancia del recorrido; f) Los pasajeros que utilizan estos servicios suelen hacerlo muchas veces al año, exigiendo puntualidad y calidad en la atención; g) Pueden operar en varias regiones contiguas; h) Las aerolíneas regionales deben operar coordinadamente con los servicios de las líneas troncales a fin de maximizar los flujos

constantes de pasajeros y cargas. En este contexto operativo se encuadra el presente proyecto de transporte aéreo regional cuya cabecera o hub se localiza en la ciudad de Neuquén.

2) ÁMBITO DE OPERACIONES

Al definir el ámbito de operaciones la compañía aerocomercial debe asegurar al usuario al menos los siguientes aspectos fundamentales: a) Seguridad (óptimas condiciones operativas de las aeronaves); b) Puntualidad (cumplimiento de los horarios prefijados de salidas y llegadas); c) Regularidad (cumplimiento de los vuelos programados) y g) Comodidad (acorde al desarrollo tecnológico existente en el mercado de aeronaves). Hay que considerar que el usuario tipo del servicio aéreo regional opta por el mismo cotejando no sólo las tarifas de los vuelos disponibles sino también luego de medir el tiempo que le insume efectuar el viaje a través de otro medio alternativo de transporte. Por otra parte, al delimitar el ámbito de operaciones, resulta lógico que la aerolínea priorice el beneficio económico antes que los beneficios sociales o políticos, de lo cual se deduce la importancia del perfil de gestión administrativa y la capacidad operativa de los aeropuertos incluidos en su red de rutas. El ámbito de operaciones dependerá, además, del análisis de las capacidades y posibilidades de los modos de transportes existentes y considerados alternativos, entre ellos, el automóvil, ómnibus y ferrocarril, como así también de los tipos y características de los aviones existentes en plaza, a fin de elegir los más adecuados a los servicios proyectados. Dicho ámbito se organizará a partir del hub, será de desarrollo radial y funcionará como concentrador y distribuidor de servicios (pasajeros y cargas) desde/hacia las rutas troncales, con respecto a las cuales será de carácter estrictamente complementario y no competitivo. El centro operativo (hub) se ha fijado en la ciudad de Neuquén y desde allí partirán los vuelos hacia Mendoza, San Rafael, Bahía Blanca, Bariloche, Puerto Montt, Comodoro Rivadavia, Trelew, Esquel, Viedma, Temuco, Chapelco, Rincón de los Sauces y Cutral-Có.

Basándose en la experiencia, la estimación la distancia mínima -expresada en tiempo- a partir de la cual el transporte aéreo compite con los medios terrestres de transporte no debe ser inferior a 90 minutos; cuando es inferior a esta distancia el usuario no se vería inducido a hacer uso del avión. El mapa de isocronas desde Neuquén (líneas que unen puntos a igual tiempo virtual de viaje de los modos aéreo/carretero) brinda información en este sentido y permite evaluar la situación relativa de cada una de las ciudades que conforman el ámbito de operaciones. No obstante, deben considerarse otros aspectos que pueden modificar lo anterior. Puede citarse como ejemplo alguna actividad económica específica como puede ser una gran obra pública o industrial que implique el traslado de personas, documentación u otros objetos desde/hacia Neuquén. También en otros casos, ante las alternativas avión/ómnibus, avión/automóvil o avión/ferrocarril –si existieran- la opción puede determinarse por la existencia de barreras naturales como cadenas montañosas, artificiales como rutas en mal estado, excesivo tráfico pesado, etc. Este último criterio se fundamenta en el contraste entre los tiempos virtuales de los modos y puede advertirse en la matriz n° 1, en la cual se han volcado datos correspondientes a tiempos insumidos para todos los viajes en avión y automóvil desde Neuquén hacia cada uno de los destinos de la red.

3) METODOLOGÍA PARA LA CONFECCIÓN DE LA MATRIZ TIEMPOS DE VIAJE: MODO AÉREO/MODO CARRETERO CON ORIGEN EN NEUQUÉN

Los criterios adoptados para calcular los tiempos fueron los siguientes:

3.a) Modo Aéreo: se ha tomado como origen la ciudad de Neuquén (hub) y como destinos todas las localidades que conforman el ámbito de operaciones.

3.a.1 Tiempo en origen

3.a.1.1	Acceso al aeropuerto de Neuquén	20 m.
3.a.1.2	Espera en aeropuerto	20 m.
	Tiempo total en origen	40 m.

3.a.2 Tiempo de vuelo: comprende el período entre el despegue y el aterrizaje y es el resultado del cociente entre la distancia aérea y la velocidad promedio de un avión tipo compatible con los servicios proyectados.

3.a.3 Tiempo en destino: los tiempos fueron asignados en función de la escala poblacional de la localidad de destino.

3.a.3.1 Localidades con volumen poblacional hasta de 50.000 habitantes:

3.a.3.1.1	Desembarque, recepción de equipaje, etc. en aeropuerto de destino	15 m.
3.a.3.1.2	Traslado desde el aeropuerto al centro urbano	5 m.
	Tiempo total en destino	20 m.

3.a.3.2. Localidades con volumen poblacional mayor de 50.000 habitantes:

3.a.3.2.1	Desembarque, recepción de equipaje, etc. en aeropuerto de destino	20 m.
3.a.3.2.2	Traslado desde el aeropuerto al centro urbano	10 m.
	Tiempo total en destino	30 m.

3.b) Modo carretero: fue calculado tomando como base la distancia entre la ciudad de Neuquén y la localidad de destino considerando la ruta pavimentada y aquel enlace de menor longitud. Se compone de las siguientes partes:

3.b.1 Tiempo en origen: se interpreta como tal aquel tiempo que emplea el pasajero para recorrer la distancia entre su casa –o punto de partida- y el límite del ejido municipal de la ciudad de Neuquén.

3.b.2 Tiempo de viaje: es el tiempo que surge del cociente entre la distancia por ruta -entre la ciudad de Neuquén y la localidad de destino- y la velocidad promedio de un automóvil tipo, incluyendo demora por detención para cargar combustible, servicios sanitarios, comida, etc. y se ha estimado en 100 km./hora.

3.b.3 Tiempos en destino: resulta de computar el lapso transcurrido entre el trayecto del ejido urbano de la localidad de destino hasta el centro de la misma. Su estimación fue:

3.b.3.1	Tiempo en pequeñas localidades	5 m.
3.b.3.2	Tiempo en grandes localidades	10 m.

3.c) Distancia virtual: partiendo de los tiempos totales –expresados en horas y minutos- del modo aéreo y del modo carretero fueron calculadas las distancias virtuales –expresadas en km.- entre el hub Neuquén y las localidades de destino, para lo cual se tomó como base la velocidad promedio del modo carretero -100 km./hora- pues ello permite expresar las distancias virtuales en unidades de medida homogéneas. La relación entre las distancias virtuales para ambos modos de transporte aparece en la última columna de la matriz n° 1 y sobre el mapa n° 1 correspondiente al ámbito de operaciones en el que se localizan todos los destinos servidos por la aerolínea desde su hub Neuquén se han construido las isocronas para ambos modos de transporte. Como se dijo, ellas conforman líneas imaginarias representativas de puntos geográficos que se hallan a igual distancia respecto del centro o hub, tanto para trayectorias

TIEMPOS DE VIAJE: MODO AEREO – MODO CARRETERO
ORIGEN: CIUDAD DE NEUQUÉN

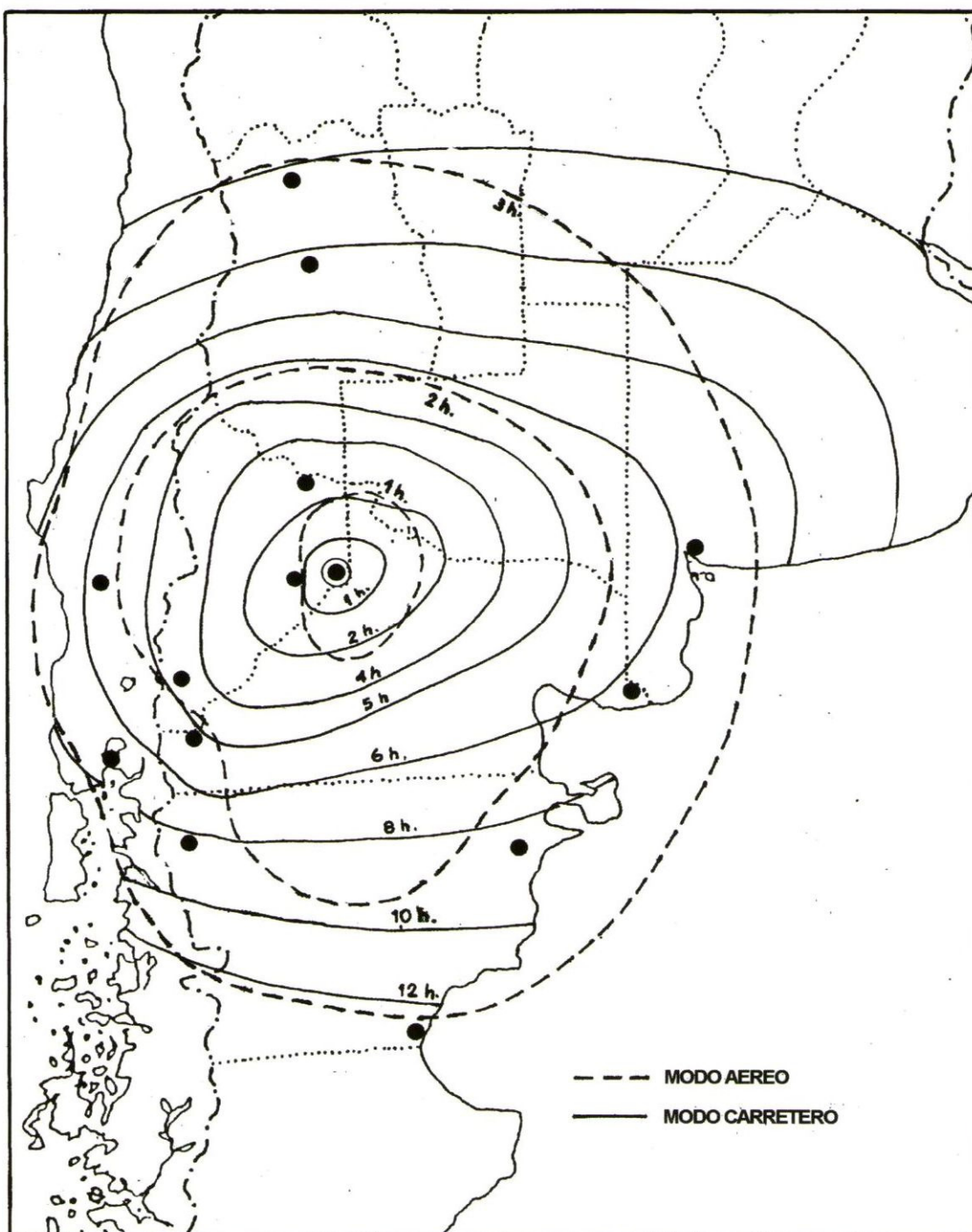
LOCALIDAD	TIEMPO MODO AEREO					TIEMPO MODO CARRETERO					DISTANCIAS VIRTUALES		
	Distancia aérea (Km.)	Origen (min.)	Vuelo (min.)	Destino (min.)	Total tiempo aéreo (hs. y min.)	Distancia carretera (Km.)	Origen (min.)	Viaje (min.)	Destino (min.)	Total tiempo carretera (hs. y min.)	Modo aéreo (Km.)	Modo carretera (Km.)	Relación entre distancias virtuales
MENDOZA	678	40	105	30	2h. 55m.	1.142	15	685	10	11h. 50m.	291,60	1.183,33	4,06
SAN RAFAEL	478	40	83 **	20	2h. 23m.	904	15	543	10	9h. 28m.	238,33	946,66	3,97
BAHIA BLANCA	519	40	80	30	2h. 30m.	566	15	340	10	6h. 05m.	250,00	608,33	2,43
BARIOLOCHE	354	40	60	30	2h. 10m.	474	15	284	10	5h. 09m.	216,66	515,00	2,38
COMODORO RIVADAVIA	763	40	120	30	3h. 10m.	1.209	15	725	10	12h. 30m.	316,66	1.250,00	3,95
TRELEW	539	40	75	30	2h. 25m.	793	15	476	10	8h. 21m.	241,66	835,00	3,46
ESQUEL	511	40	75	20	2h. 15m.	769	15	459	10	8h. 04m.	225,00	806,66	3,59
VIEDMA	489	40	85	20	2h. 25m.	564	15	338	10	6h. 03m.	241,66	605,00	2,50
CHAPELCO	289	40	35	20	1h. 35m.	440	15	264	5	4h. 44m.	158,33	473,33	2,99
RINCON DE LOS SAUCES	185	40	25	20	1h. 25m.	205	15	123	5	2h. 23m.	141,66	238,33	1,68
CUTRAL CO	96	40	15	20	1h. 15m.	113	15	68	5	1h. 28m.	125,00	146,66	1,17
PUERTO MONTT	525 *	40	100 ***	30	2h. 50m.	865 ****	15	519	10	9h. 04m.	283,33	906,66	3,20
TEMUCO	388	40	55	30	2h. 05m.	493	15	296	10	5h. 21m.	208,33	535,00	2,57

Matriz n° 1

Elaboración personal con datos de tiempos de vuelo propios y distancias carreteras extraídos del Mapa Carretero 'Auto Mapa' ajustado a la cartografía oficial establecida por el P.E.N. a través del I.G.M. y cálculos propios.

- Notas:
- * Sumados los tramos Neuquén – Bariloche, Bariloche – Puerto Montt.
 - ** Tiempo de vuelo estimado.
 - *** Incluye 60 min. del tramo Neuquén – Bariloche más 15 min. de espera en la escala intermedia – Bariloche - El tiempo de vuelo entre Bariloche y Puerto Montt es 25 min.
 - **** Desde Neuquén a Temuco y por la carretera central n° 5 hasta Puerto Montt.

ISOCRONAS MODO AEREO – MODO CARRETERO
ORIGEN: CIUDAD DE NEUQUEN



Mapa n° 1

Elaboración personal.

aéreas como terrestres. A partir de ellas los usuarios pueden inferir importante información para determinar cuales son los casos más convenientes del uso del avión. Y contribuye a que la aerolínea pueda delinear su política comercial y desarrollar las estrategias más adecuadas para estimular la demanda.

4) DEMANDA DE LOS VUELOS PROYECTADOS

4.a) Características de la demanda: en un sistema de transporte integral e integrado entre los modos terrestre, acuático y aéreo los servicios de transporte aéreo regional tienen sustitutos próximos que pueden influir notablemente en sus demandas; ellos son: ómnibus; ferrocarril; automóvil particular; remís; etc. Y entre los factores propios del transporte aéreo regional, incidentes en su volumen de tráfico, podemos mencionar: velocidad; frecuencias; hora del servicio; regularidad de los vuelos; sistema de reservas; tarifa y distancia aeropuerto/ciudad. Una gran ventaja competitiva del avión es su velocidad, y se pone de manifiesto a medida que las distancias a recorrer son mayores. Cuando la distancia disminuye esta ventaja se reduce proporcionalmente. Hay que considerar, además, que aún en los vuelos de trayecto largo la ventaja basada en la velocidad se atenúa en gran medida cuando el número de puntos o escalas intermedias aumenta, por lo cual no es recomendable más de una (esto se advierte claramente en los análisis de las relaciones tiempo/espacio, excluidas del presente trabajo). La hora del día en que se realiza el servicio incide en la decisión del usuario sobre trasladarse en avión o en otro medio de transporte. Los horarios de inicios de actividades en las localidades de destino son tenidas muy en cuenta por los pasajeros de negocios, y en casos de rutas cubiertas con más de una frecuencia el peso que tiene el horario de un servicio se atenúa por la mayor oferta considerada en posibilidades de horas de arribo. Igualmente es muy importante evitar la caída de la demanda evitando la suspensión repentina de servicios. Cuando un vuelo anunciado no se cumple el usuario buscará otras opciones, aéreas o terrestres, por lo que la suspensión del servicio representa una pérdida económica para la compañía. En este sentido, la tasa de regularidad refleja el porcentaje de vuelos cumplidos cada cien vuelos programados, y a medida que esta tasa disminuye crece el desestímulo de la demanda de pasajeros que, por otra parte, reaccionan sensiblemente frente a la mayor o menor simplicidad/complejidad del sistema de reservaciones. Otro aspecto a resaltar es el tarifario. Si bien la tarifa del avión es más elevada que la de los medios alternativos de transporte –mayor cantidad de centavos o pesos/km.- suele estar fuertemente condicionada por el grado de desregulación del mercado en que opera una aerolínea. En determinados momentos las tarifas del ómnibus y del avión han estado palmo a palmo. Pese a ello se estima que la demanda aérea es relativamente poco sensible al precio, reaccionando más frente a la frecuencia, cantidad de horas de vuelo y practicidad del sistema de reservas que ante modificaciones tarifarias, lo cual induce a pensar que esa inelasticidad de la demanda al precio se deba, probablemente, al costo de oportunidad del tiempo del pasajero, ya que para éste el valor de su tiempo –o lo que puede lograr en él- es más valioso que la diferencia económica respecto a otra tarifa menor ofrecida por un medio alternativo. Esto último hace que en ciertos casos el avión sea el medio de transporte más barato. Sin embargo, es oportuno mencionar también que existen segmentos del mercado muy sensibles al valor del boleto. Además, no debe olvidarse que el tiempo empleado en un viaje aéreo se compone de tres partes: en primer lugar, el tiempo en que el avión está en vuelo, al que hay que agregar – como hemos visto- el tiempo necesario para acceder al aeropuerto desde el centro urbano de salida más el tiempo empleado desde la terminal de destino hasta el centro urbano de arribo. A esto habría que sumarle, si lo hubiere, el tiempo de demora en algún aeropuerto intermedio. Por otra parte, cuando se busca estimular la demanda en aquellos mercados que cuentan con medios alternativos es necesario rever la posibilidad de incrementar la frecuencia y optimizar los horarios de los vuelos, lo cual no siempre resulta sencillo, dado que si el volumen de tráfico no es suficiente es dificultoso mantener el servicio con los ingresos generados. Entonces surge la necesidad de cuantificar la demanda para posteriormente determinar frecuencias y asignar volúmenes de pasajeros por conveniencia horaria, lo que a su vez puede requerir exploraciones de los potenciales usuarios mediante encuestas orientadas respecto de sus intereses sobre los servicios de la red de vuelos de la aerolínea.

4.b) Estimación de la demanda: la presencia de un servicio de transporte debe partir del conocimiento de la existencia de un mercado potencial de pasajeros/cargas que no es satisfecha. Planificar la canalización de esos flujos requiere de datos cuantitativos que determinan la estimación de la demanda. El análisis y evaluación del volumen de pasajeros o cargas a transportar entre dos ciudades en un período de tiempo determinado –mes, año, etc.- y la disponibilidad y capacidad de la infraestructura permite estimar el equipamiento acorde a la satisfacción de esa demanda. Para ello existen metodologías de base teórica para estimar la demanda de pasajeros entre dos localidades. Un ejemplo es el denominado *modelo gravitatorio* que considera, entre otros aspectos, las jerarquías de las ciudades, la distancia que las separa y sus poblaciones. Si bien sus resultados pueden ser de utilidad para cierto tipo de estudios, en otros casos pueden resultar poco confiables debido a que en la realidad inciden factores difíciles de ser estimados con precisión por el modelo. Otra forma práctica de lograr una prospección de las demandas de pasajeros en las distintas rutas de la red de explotación de la aerolínea es partiendo de las demandas reales en cada una de esas rutas durante los años anteriores -al emprendimiento aerocomercial- sobre los que existan registros disponibles y a partir de ellas construir las matrices correspondientes (ver matriz n° 2). Este método exige, además de rigor interpretativo, una evaluación acertada de las coyunturas políticas/económicas que pueden generar distorsiones en la demanda estimada. Para el caso en cuestión, se aplicó una tasa del 6 % anual a las cantidades de pasajeros transportados en cada una de las rutas estudiadas –datos provistos por la Dirección Nacional de Transporte Aerocomercial-. Conviene recordar que uno de los factores que más fuertemente impactan en la demanda de los servicios aéreos es el nivel de la actividad económica en la región en la que se brindan los servicios; éstos fluctúan casi a la par de aquella, siguiendo sus pulsiones. El transporte aéreo es, en general, muy sensible a las fluctuaciones macroeconómicas (PBI). Cuando las economías de la región y del país crecen, también lo hace la demanda de pasajeros, y viceversa. Concluyendo: las demandas del transporte aéreo de pasajeros están sujetas a factores que son externos a las aerolíneas, y si estos no están presentes o bien calibrados, aquellas pueden resultar alejadas de la realidad y perjudicar económicamente a éstas últimas. Por su parte, tanto la O.A.C.I. (Organización de Aviación Civil Internacional), la A.E.A. (Asociación Europea de Aviación) y otras organizaciones internacionales divulgan estimaciones de las fluctuaciones anuales para pasajeros y/o cargas para las distintas regiones del mundo.

5) SELECCIÓN DE LA AERONAVE

El punto clave que debe resolver bien el transportador aéreo es la elección del avión adecuado en función del servicio comercial proyectado. La oferta actual de aeronaves aptas para cumplir servicios regionales es lo suficientemente variada como para suponer la posibilidad de hallar sin mayores dificultades el avión que se ajuste adecuadamente a los requisitos de las rutas a servir. Ello se basa en aspectos fundamentales: a) que la máquina elegida satisfaga plenamente la demanda, y b) una adecuada capacidad del equipamiento técnico operativo de los aeropuertos del área de operación considerada. Existe también una relación funcional entre la distancia a recorrer, la carga a transportar y el combustible necesario para cumplir la travesía. Cada avión presenta su punto de inflexión; es el punto a partir del cual si se supera la distancia máxima a recorrer debe disminuirse la carga paga a cambio de incrementar la cantidad de combustible necesario para recorrerla. El proceso de selección de la aeronave debe realizarse considerando las características técnicas esenciales que hacen a su performance en función de los servicios planificados; ellas son:

5.a) Capacidad: la cantidad de asientos (30/40 en el ejemplo) surge de relacionar los datos de las matrices con las frecuencias semanales programadas por la empresa. La demanda de carga aérea -correspondencia, paqueterías livianas y pequeñas, etc.- condiciona la capacidad del avión. Existen casos específicos que requieren consideraciones particulares, por ejemplo, aquellas compañías que transportan equipamiento minero y petrolero.

HUB NEUQUEN
ESTIMACION DE LAS DEMANDAS
DISTANCIAS AEREAS - TIEMPOS DE VUELOS - TARIFAS

TRAMO	DISTANCIA ORTODROMICA (En millas náuticas)	TIEMPO DE VUELO (Minutos)	TARIFA (Pesos)	PASAJEROS A TRANSPORTAR ANUALES (Miles)	2002 PASAJEROS A TRANSPORTAR ANUALES (Miles)	2005 PASAJEROS A TRANSPORTAR ANUALES (Miles)
NEUQUEN - MENDOZA	678,19	105	109,00	7.663	8.610	10.254
MENDOZA - NEUQUEN	678,19	105	109,00	7.233	8.127	9.678
NEUQUEN - SAN RAFAEL	478,07	-	-	**	**	**
SAN RAFAEL - NEUQUEN	478,07	-	-	**	**	**
NEUQUEN - BAHIA BLANCA	518,84	80	83,00	3.225	3.624	4.316
BAHIA BLANCA - NEUQUEN	518,84	80	83,00	3.338	3.751	4.467
NEUQUEN - BARILOCHE	353,92	60	57,00	3.973	4.464	5.316
BARILOCHE - NEUQUEN	353,92	60	57,00	4.328	4.863	5.791
NEUQUEN - COMODORO RIV.	763,43	120	122,00	6.575	7.388	8.798
COMODORO RIV. - NEUQUEN	763,43	120	122,00	7.156	8.051	9.651
BARILOCHE - COMODORO RIV.	587,40	105	95,00	1.318	1.481	1.764
COMODORO RIV. - BARILOCHE	587,40	105	95,00	1.403	1.576	1.877
NEUQUEN - TRELEW	539,22	75	85,00	1.092	1.227	1.461
TRELEW - NEUQUEN	539,22	75	85,00	1.062	1.193	1.421
NEUQUEN - ESQUEL	511,42	75	81,00	8	9	11
ESQUEL - NEUQUEN	511,42	75	81,00	134	151	198
NEUQUEN - VIEDMA	489,19	85	78,00	70	79	94
VIEDMA - NEUQUEN	489,19	85	78,00	230	258	307

Matriz n° 2

Fuente: Elaboración personal con datos provistos por la D.N.T.A. y cálculos propios.

* Distancia aérea – no ortodrómica – calculada.

** Sin datos de base.

5.b) Carga paga máxima: se define como la capacidad máxima medida en peso que puede transportar una aeronave. Su composición es la siguiente:

$$CPM = PP + PEM + CA$$

Donde:

CPM = Carga Paga Máxima

PP = Peso de Pasajeros

PEM = Peso del Equipaje de Mano

CA = Carga Aérea

Estimaciones de las cargas:

Peso Promedio Pasajeros: 75 Kg.

Peso Equipaje de Mano (sin cargo): 10 Kg.

Siendo n° = número de plazas, tendremos que la capacidad máxima en Kg. será:

$$CPM = n^\circ \times 75 \text{ Kg.} + n^\circ \times 10 \text{ Kg.} + CA \text{ (Kg.)}$$

5.c) Características técnicas: si bien las características técnicas son particulares para cada aeronave, mantienen una relación con la capacidad de la misma:

5.c.1 Autonomía: el máximo alcance o autonomía está relacionado con la Carga Paga y con la Capacidad de Combustible de la aeronave. A medida que los trayectos a volar son más largos la Carga Paga debe disminuirse a fin de incrementar la cantidad de combustible. Cada aeronave tiene una determinada autonomía que debe ser considerada.

5.c.2 Velocidad crucero máxima: cuando los tramos de los vuelos no son muy largos la velocidad crucero pierde relevancia por la incidencia de los tiempos operativos de descolaje y aterrizaje. Puede considerarse un factor condicionante menor en la elección de la aeronave.

5.c.3 Costo de mantenimiento: varía directamente en función de la relación hora de vuelo/hora de hangar; a mayor cantidad de horas voladas mayor es el costo de mantenimiento. También debe considerarse la facilidad o dificultad para adquirir repuestos, la sencillez tecnológica de los aviones y la posibilidad de efectuar recorridos menores y mayores en talleres propios.

5.c.4 Vida útil: representa la cantidad total de horas de vuelo disponible garantizada por cada fabricante de aviones. Se estima en aproximadamente 10 años, a razón de 1.800 a 3.000 horas/año.

5.c.5 Valor residual: es el valor remanente al agotarse la vida útil. Se estima que dicho valor oscila entre el 10 % y el 30 % del valor de adquisición y está en función de las características tecnológicas de la aeronave.

6) COSTOS OPERATIVOS

6.a) Costos directos: cuando la compañía adquiere un nuevo avión los costos directos se calculan en base a la siguiente ecuación:

$$CD = Dd + Cs + Ct + Cm + Cc$$

Donde:

CD = Costo Directo

Cd = Costo de depreciación

Cs = Costo de seguros

Ct = Costo de tripulación

Cm = Costo de mantenimiento

Cc = Costo de combustible

6.a.1 Depreciación: el costo de depreciación de una aeronave se determina en función de su valor inicial, de su vida útil y de su utilización anual. En el valor inicial de la aeronave generalmente se incluye un 10 % adicional en concepto de repuestos. El costo de depreciación por hora de vuelo se calcula con la siguiente ecuación:

$$Cd/h = \frac{Vi + Vlr - Vr}{H \times A} \quad \text{Donde:}$$

Cd/h = Costo de depreciación/hora

Vi = Valor inicial del avión

Vlr = Valor del lote de repuestos

Vr = Valor residual

H = Horas de utilización anual

A = Años de vida útil

Para el caso de un avión que vale u\$s 2.800.000, con 3.000 horas de vuelo anual ¹, una vida útil de 10 años y un valor residual del 20 % tendríamos:

$$Cd/h = \frac{2.800.000 \text{ u\$s} + 280.000 \text{ u\$s} - 560.000 \text{ u\$s}}{3.000 \text{ hs.} \times 10 \text{ años}} =$$

$$Cd/h = 84 \text{ u\$s / hora}$$

El costo por depreciación de la aeronave ha sido calculado sólo a los efectos de conocer el valor que pierde por hora volada la aeronave y es de importancia exclusivamente para el propietario de la misma. En el caso de que la compañía considere alquilar dos aviones la ecuación de Costos Directos se modificaría quedando:

$$CD = Ca + Cs + Ct + Cm + Cc \quad \text{Donde:}$$

CD = Costo Directo

Ca = Costo de alquiler del avión

Cs = Costo de seguros

Ct = Costo de tripulación

Cm = Costo de mantenimiento

Cc = Costo de combustible

6.a.2 Costo del seguro: el costo del seguro que cubre a pasajeros, casco y tripulación (seguros contra terceros) se estima en un 3,92 % del valor de la aeronave ². En nuestro caso tendremos:

$$Cs = \frac{2.800.000 \text{ pesos} \times 0,0392}{3.000 \text{ hs.}} = 36,58 \text{ pesos/hora}$$

¹ De acuerdo a los cronogramas de vuelos, el avión n° 1 volaría aproximadamente 2.800 hs./año y el avión n° 2 volaría aproximadamente 3.000 hs./año. A los efectos de cálculo tomamos un avión que vuela un promedio de 3.000 hs./año.

² El porcentaje se calculó para un costo anual de seguro de 110.000 pesos. El cálculo de Cs se realizó en pesos dado que fue realizado durante la convertibilidad (1999).

6.a.3 Costo de la tripulación: para estipular el costo de la tripulación se determinó, en primer lugar, el número máximo de horas posibles de volar un equipo compuesto de tripulante y copiloto. Calculando este tiempo se determinó el número de equipos necesarios para cubrir las horas de vuelo programadas: tres equipos por avión. De modo que, para un bloque de 250 hs. de vuelo mensuales -83,3 hs./equipo- el costo de tripulación por hora de vuelo, con remuneración mensual promedio de 2.500 pesos para el piloto y de 1.800 pesos para el copiloto, a lo que se adiciona un 51 % en concepto de cargas sociales –vacaciones, aportes jubilatorios, etc.- será:

Costo hora/piloto:	\$ 45,31
Costo hora/copiloto:	\$ 32,62
Costo total hora/tripulación:	\$ 77,93

6.a.4 Costo de mantenimiento: comprende el costo de la mano de obra, el costo imputable a material célula y a material motor.

Se ha estimado, en concepto de mano de obra de mantenimiento 1 hora 40' por cada hora de vuelo de avión:

$$\text{Hs.Mo.Mec.} = 3.000 \text{ hs.vuelo/año} \times 1,66 = 4.980 \text{ hs.mecánico/año}$$

$$\text{Hs.Mo.Mec.Mes} = \frac{4.980 \text{ hs.mecánico/año}}{12 \text{ meses}} = 415 \text{ hs.mecánico/mes}$$

lo que representa 2 mecánicos a razón de 8 horas de trabajo diarias y una remuneración mensual de 1.900 pesos. El costo de mano de obra para mantenimiento incluyendo un 51 % en concepto de cargas sociales es de 13,82 pesos/hora. El costo de material célula se estimó en 90 pesos y el de material motor en 152 pesos.

$$\text{Sueldos Mensuales Mecánicos: } \$ 1.900 \times 2 + 51 \% = \$ 5.738$$

$$\text{Costo Mano de Obra Mecánico: } \frac{\text{S.M.M.}}{\text{Hs.Mo.Mec.Mes}} = \frac{\$ 5.738}{415 \text{ hs.}} = 13,82 \text{ \$/h}$$

El costo de mantenimiento total es: $C_m = C_{mo} + C_{mc} + C_{mm}$ Donde:

C_m = Costo de mantenimiento

C_{mo} = Costo de mano de obra

C_{mc} = Costo de material de célula

C_{mm} = Costo de material de motor

6.a.5 Costo de combustible: si se considera una aeronave SAAB 340 el consumo por hora de vuelo es de 520 litros, siendo el precio de 0,25 \$/litro, el costo de combustible será de 130 \$/hora de vuelo.

6.b) Costos indirectos: en estos se imputan los gastos del personal administrativo, publicidad, estudios técnicos, etc. y se estiman entre un 20 % y un 25 % del total de los costos directos. De acuerdo con este criterio los costos indirectos para el caso que nos ocupa son de 181,33 \$/hora de vuelo.

6.c) Costo Total de Operación: es el resultado de sumar los costos directos más los costos indirectos, es decir:

<u>Costo Directo</u>	En \$/hora	En %
Alquiler	225,00	24,82
Seguro	36,58	4,03
Tripulación	77,93	8,59

Mantenimiento	255,82	28,22
<u>Combustible</u>	<u>130,00</u>	<u>14,34</u>
Total	725,33	80,00
<u>Costo Indirecto</u>	181,33	20,00
<u>Costo Total de Operación</u>	906,66	100,00

7) COSTO FINANCIERO

Se calcula en aquellos casos en que la aerolínea adquiere una o más aeronaves y contrae una deuda por no pagarlas totalmente cuando las recibe. En estos casos, al saldo a financiar se le fija un período de amortización en años, la tasa de interés anual, el monto de las cuotas y su frecuencia de pago.

8) COSTO TOTAL

8.a) Costo total por hora de vuelo: en el costo total se computan el costo de operación más el costo financiero si lo hubiera, más la rentabilidad. Ésta última se toma como costo de oportunidad del capital propio invertido cuando la compañía compra una aeronave; usualmente se toma un 10 % anual.

$$CT = Co + Cf + R$$

Donde:

CT = Costo Total

Co = Costo operativo

Cf = Costo financiero

R = Rentabilidad

Hay que considerar puntualmente cada caso; en el que nos ocupa el costo financiero es inexistente y, de igual manera, la rentabilidad es nula al no desembolsarse capital propio para operar la aeronave, de manera que el Costo Total es igual al Costo Operativo, vale decir, a la suma del Costo-Directo –incluido el alquiler– más el Costo Indirecto.

8.b) Costo asiento/kilómetro: si se considera un avión de 34 plazas que puede alcanzar una velocidad block de aproximadamente 300 km./hora el total de asientos-kilómetro/hora ofrecidos es de 10.200, por lo que tendremos que el costo por asiento-kilómetro ofrecido será de 0,088 pesos.

$$Ca\text{-km} = \frac{CT}{A\text{-km./h. of.}}$$

Donde:

Ca-km = Costo asiento/kilómetro

CT = Costo Total

A-km./h. of. = Asientos-kilómetro/hora ofrecidos

$$Ca\text{-km} = \frac{906,66 \text{ \$/hora}}{10.200 \text{ A-km./h. of.}} = 0,088 \text{ pesos}$$

9) INGRESOS

Realizaremos la estimación de los ingresos en función de una tarifa de 16,00 centavos/asiento-kilómetro (dato aportado por la compañía) y en relación a distintos coeficientes de ocupación. Los valores calculados son los siguientes:

Coef. de Ocupación	<u>Ingresos en pesos</u>		Ingreso por Asiento/km.
	Nº de Asientos Ocupados (redondeado a partir de 0,5)	Ingreso Total \$	Centavos
100	34	1.632	0,160
90	31	1.488	0,145
80	30	1.440	0,141
70	26	1.248	0,122
60	20	960	0,094
50	17	816	0,080
40	14	768	0,065
30	10	480	0,047
20	7	336	0,032
10	3	144	0,014

El Ingreso Total se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$IT = T \times N^{\circ}AO \times V_B$$

Donde:

IT = Ingreso Total

T = Tarifa (16,00 centavos)

N[°]AO = Número de Asientos Ocupados

V_B = Velocidad Block (300 Km./hora)

El Ingreso por Asiento/km. se obtuvo a partir de la fórmula:

$$I_{A/km.} = T \times \frac{N^{\circ}AO_c}{N^{\circ}AO_f}$$

Donde:

I_{A/km.} = Ingreso por Asiento/Kilómetro

T = Tarifa

N[°]AO_c = Número de Asientos Ocupados

N[°]AO_f = Número de Asientos Ofrecidos

El cociente $\frac{N^{\circ}AO_o}{N^{\circ}AO_f}$ se denomina Coeficiente de Ocupación y se expresa en porcentaje.

10) DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EQUILIBRIO Y CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE OCUPACIÓN NECESARIO

Se define como nivel de equilibrio o punto de equilibrio a la cantidad o porcentaje de asientos ocupados en el que los ingresos igualan a los costos. El equilibrio se produce entonces cuando:

$$IT = CT \quad \text{Donde: } IT = \text{Ingreso Total y } CT = \text{Costo Total}$$

También puede expresarse en ingresos y costos por asiento/km. Entonces el Ingreso Total por Asiento/km. deberá ser igual al Costo Total por Asiento/km. Como el Ingreso Total por Asiento/km es igual a la Tarifa por el Coeficiente de Ocupación Necesario tenemos:

$$IT_{A/km.} \times CON = CT_{A/km.}$$

Donde:

IT_{A/km.} = Ingreso Total por Asiento/km.

CON = Coeficiente de Ocupación Necesario

CT_{A/km.} = Costo Total Asiento/km.

O bien:

$$T \times CON = CT_{A/km.}$$

Donde:

T = Tarifa

CON = Coeficiente de Ocupación Necesario

CTA/km. = Costo Total Asiento/km.

Por lo tanto:

$$CON = \frac{CTA/km.}{TA/km.}$$

Donde:

TA/km = Tarifa Asiento/kilómetro

Con los valores obtenidos tendremos: $CON = \frac{0,088}{0,160} = 0,55$ O sea: CON = 55 %

Considerando que los porcentajes convencionales de llenado (ocupación) de un avión es de 65 % para alcanzar el punto de equilibrio, el Coeficiente de Ocupación Necesario obtenido puede considerarse satisfactorio.

11) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que arroja el estudio de factibilidad económica de rutas aéreas de transporte aéreo regular de pasajeros a implementarse desde el hub Neuquén a los destinos considerados y las demandas estimadas de pasajeros para las localidades a servir avalan la prestación del servicio proyectado. No obstante, se recomienda el análisis de la satisfacción de la demanda histórica y actual para cada una de las rutas. Ello permitirá rediseñar estrategias de operación toda vez que fuera necesario. Si bien la empresa del caso no realizará grandes erogaciones por compra al optar por alquilar las aeronaves, es igualmente válido recordar que la incidencia de los costos de mantenimiento, mano de obra y repuestos se incrementan con la antigüedad. Por otra parte, la operación como empresa privada permite suponer una gestión aerocomercial dinámica y eficiente. Además, se recomienda estudiar la posibilidad de anexar servicios complementarios a partir de datos surgidos de encuestas que brinden información sobre perfiles de demandas y también de usuarios a fin de adecuar horarios y frecuencias a sus necesidades, no sólo dentro de la red regional, sino pensando en conectar de forma eficiente al hub (Neuquén) con las rutas troncales para ofrecer a los pasajeros mayores y mejores alternativas de conectividad y accesibilidad nacional e internacional.

12) CONCLUSIONES

Partiendo del centro de la red de explotación las rutas serán radiales y responderán a los tiempos operativos que requiere el modo aéreo. Para el caso los aviones SAAB 340 reúnen características operativas acordes a la red diseñada. Es importante también, como se ha dicho, el cumplimiento de los vuelos anunciados, pues es sabido que a mayor tasa de regularidad de los servicios mayores posibilidades existen que los pasajeros tiendan a convertirse en clientes. En síntesis, el éxito de los servicios aéreos regionales a partir del hub Neuquén se alcanzará mediante una política empresarial integral, planificándolos estratégicamente y considerando la factibilidad económica como punto de partida para una moderna modalidad operativa comercial.

13) REFERENCIAS

- [1] Ballistrieri, C., “Hacia la construcción del futuro transporte aéreo de cabotaje en la Argentina”, *Revista Transporte y Territorio*, N° 2, Universidad de Buenos Aires, 2010, pp. 18-37, www.rtt.filo.uba.ar/RTT00203018.pdf
- [2] Ballistrieri, C., “T.A.P.S.A. Aviación. Red de explotación 2000”. Informe de trabajo, Buenos Aires, Argentina, 1999, 86 págs.
- [3] CIMOP (Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas), “Transporte aéreo en Argentina: hacia la descentralización de sus redes regionales”, Buenos Aires, Argentina, 2003, pp. 189-220.

PROBLEMÁTICA EN LA TRAZABILIDAD DEL TRANSPORTE DE CARGA DESDE SU ORIGEN HASTA EL AEROPUERTO

José Luis Bamberger^a, Víctor Melitón^b, José Ochoa^c, Pablo Di Gregorio^d

^a Departamento Desarrollo Aeroportuario, Universidad Provincial de Ezeiza, Argentina. jbamberger@anac.gov.ar

^b Departamento Desarrollo Aeroportuario, Universidad Provincial de Ezeiza, Argentina. vmeliton@upe.edu.ar

^c Departamento de Desarrollo Tecnológico, Universidad Provincial de Ezeiza, Argentina. jochoa@upe.edu.ar

^d Secretaría de ICyT, Universidad Provincial de Ezeiza, Argentina. pdigregorio@upe.edu.ar

RESUMEN

La logística aplicada al transporte de carga resulta un factor de relevancia a la hora de evaluar los distintos procesos y requerimientos a los que debe someterse la mercancía. Dichos procesos se agudizan en función de la complejidad y características específicas que posee el producto a transportar, debiéndose considerar la totalidad de la cadena económica del bien.

El objetivo del presente trabajo es presentar una discusión sobre las realidades del transporte multimodal de mercancías peligrosas en Argentina desde su origen hasta la carga en las aeronaves y presentar el caso específico del transporte de materiales radioactivos.

En ese sentido, y si bien existe un marco de referencia que reglamenta los procesos y la logística para el transporte multimodal de este tipo de carga, se presentarán una serie de casos reales que demuestran la complejidad de los procesos y otras externalidades negativas habituales que en algunas oportunidades inciden sobre el producto restándole efectividad o dejándolo inutilizable.

Los resultados obtenidos indican que si bien la reglamentación de aplicación es compleja y abarca un amplio espectro de los procesos, aún faltan cuestiones a ser consideradas y reanalizadas para lograr la optimización del transporte de mercancías peligrosas.

ABSTRACT

The logistics applied to cargo transportation becomes a relevant issue when considering the different procedures and requirements goods must comply with. These procedures become stricter depending on the complexity and characteristics of the products to be transported, being the complete trading chain an important aspect to be taken into account.

The objective of the present research is to introduce both, a discussion on the situation of multimodal transport of dangerous goods in Argentina, from its origin to its transportation by air, and the specific case of radioactive material transportation.

In spite of the fact that the multimodal transport procedures and logistics to carry this type of goods are regulated, some real cases will be introduced in order to show how the complexity of the procedures and other regular external negative factors affect the product on some occasions, turning it less effective and unusable.

The results achieved indicate that although regulations to be applied are complex and imply a wide range of procedures, some other issues should be considered and further analyzed to optimize the transportation of dangerous goods.

PALABRAS CLAVE: Multimodalidad, mercancías peligrosas, procedimientos, facilitación.

INTRODUCCIÓN

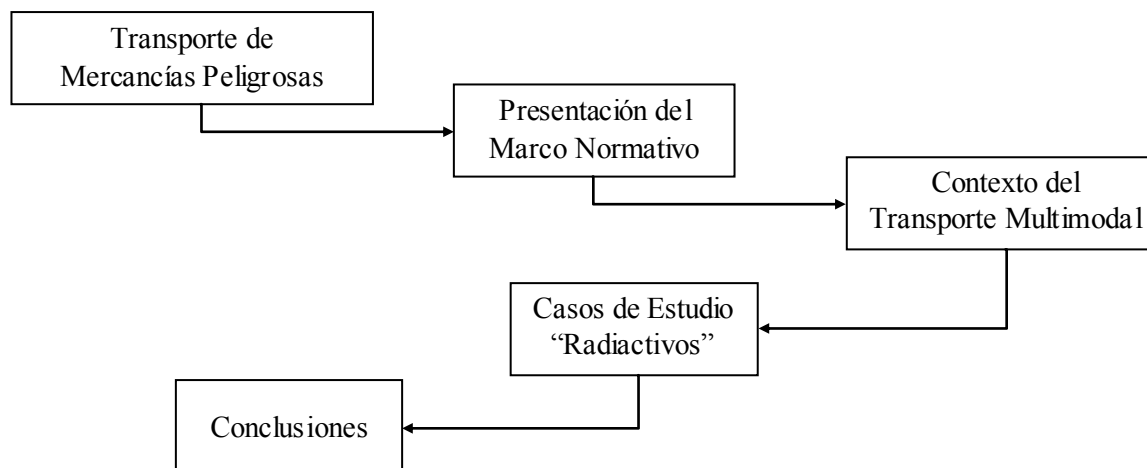
El transporte en general, resulta un recurso primordial para el crecimiento social y económico de una región, que debe administrarse, planificarse y gestionarse en un marco de seguridad, regularidad y eficiencia.

En ese contexto, la logística aplicada al transporte de carga resulta un factor de relevancia a la hora de evaluar los distintos procesos y requerimientos a los que debe someterse la mercancía. Estos se agudizan en función de la complejidad y características específicas que posee el producto a transportar debiéndose considerar la cadena económica del bien, desde su origen hasta su destino.

No obstante lo anterior, y pese a la señalada complejidad, la vida moderna requiere del transporte de mercancías consideradas peligrosas por presentar riesgos a la salud de las personas, la seguridad pública o el medio ambiente. Habitualmente estos materiales deben ser transportados desde donde se los extrae, fabrica o almacena hasta algún otro sitio para su posterior utilización o evacuación. Las estadísticas del tráfico mundial de mercancías peligrosas indican que se ha experimentado en los últimos años un incremento sustancial de la actividad tanto a nivel global como en América Latina y el Caribe.

METODOLOGÍA

Este trabajo propone generar una discusión sobre el transporte de mercancías peligrosas en Argentina, prestando especial interés al caso de Mercancías Radiactivas. Para ello se presentará brevemente la normativa de aplicación, el contexto argentino del transporte multimodal de mercancías peligrosas y los Organismos que intervienen en la regulación, fiscalización y control del transporte de mercancías siguiendo la secuencia indicada en la siguiente gráfica:



TRANPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN ARGENTINA

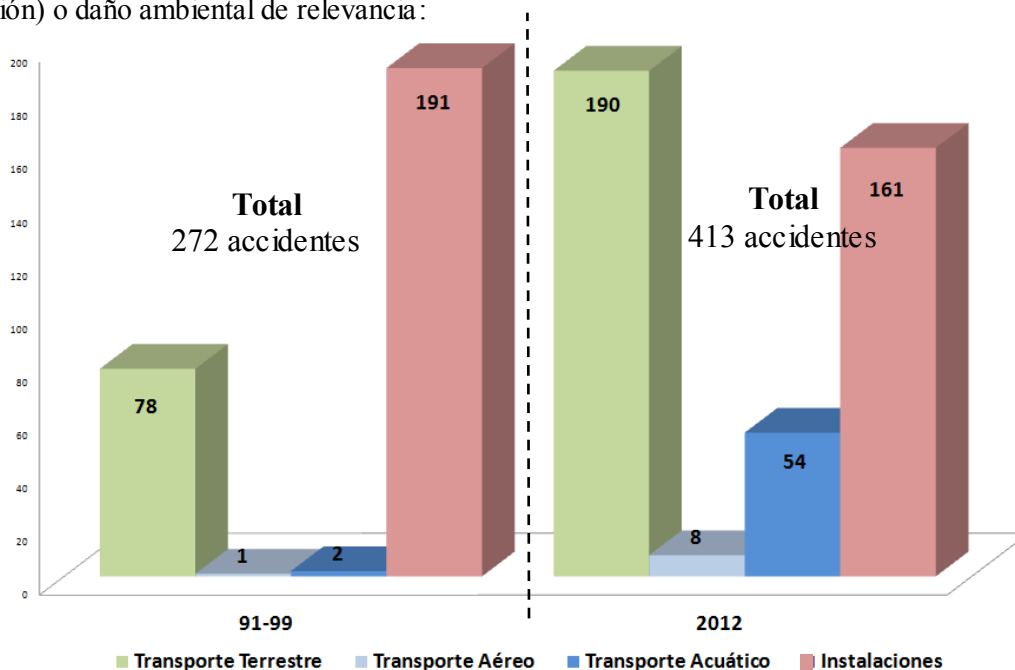
Se consideran mercancías peligrosas a una serie de productos los cuales a su vez se los puede clasificar según la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de mercancías peligrosas.

Clase	Producto
1	Explosivos
2	Gases
3	Líquidos Inflamables
4	Sólidos Inflamables
5	Sustancias Oxidantes y Peróxidos Orgánicos
6	Sustancias tóxicas e infecciosas
7	Materiales Radioactivos
8	Corrosivos
9	Mercancías peligrosas misceláneas

En ese contexto, la modalidad operativa de este tipo de servicios requiere de la constante actualización del marco normativo en el cual se desarrolla y la consecuente capacitación de los recursos humanos y tecnológicos afectados para su correcta aplicación, tanto del sector privado como del Estado.

No obstante lo anterior, según los registros existentes [1], se han reportado una gran cantidad de accidentes e incidentes relacionados con la manipulación y transporte de este tipo de productos. La siguiente gráfica muestra aquellos accidentes que ocasionaron efectos sobre la población (muerte o intoxicación) o daño ambiental de relevancia:

**Figura 1.** Distribución de accidentes de gravedad según lugar de ocurrencia.

De la figura 1 puede deducirse claramente que el aumento en la demanda de este tipo de productos incide directamente en el riesgo de accidente, superando en un año en más de un 50% los accidentes producidos en el período comprendido entre el 1991 y 1999.

Asimismo, se desprende que la relación entre los accidentes ocurridos en las instalaciones durante el período 1991-1999 resultan aproximadamente el 70% del total mientras que en el año 2012 representan

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

casi el 40%, notándose un claro incremento de la proporción de accidentes ocurridos durante el transporte de estos productos.

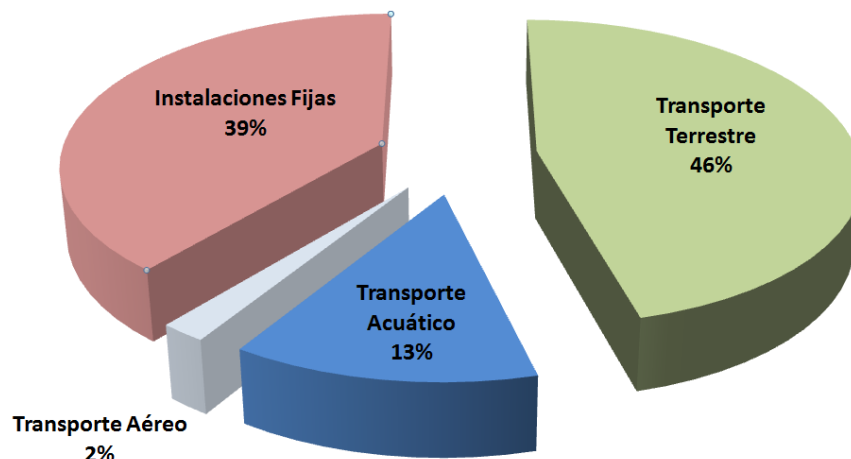


Figura 2. Distribución porcentual de accidentes según lugar de ocurrencia año 2012 - CIQUIME

Otro dato a resaltar se presenta en la Figura 3, la cual muestra la distribución porcentual por clase de mercancía de los 413 accidentes ocurridos en el año 2012 [1];

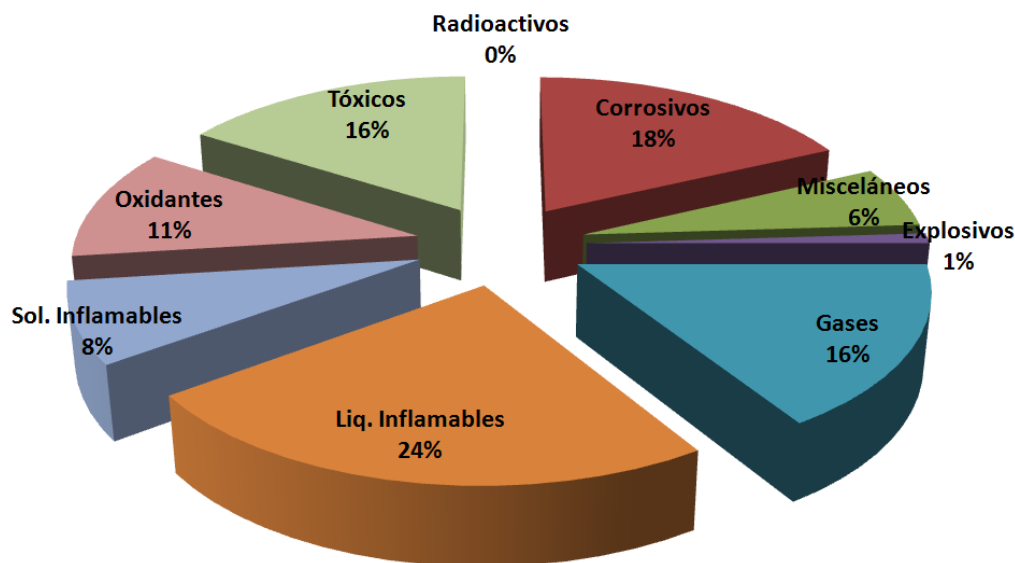


Figura 3. Distribución porcentual por clase de mercancía

En ese sentido, y con el objeto de minimizar la potencialidad de ocurrencia de un accidente, se requiere de una precisa articulación de la normativa de aplicación de las distintas jurisdicciones, los transportistas y los Organismos de fiscalización y control pertinentes a lo largo de la cadena de transporte, a fin de encuadrar al mismo dentro de los parámetros de seguridad definidos.

No obstante lo anterior, la situación del transporte de mercancías peligrosas de la Nación fue sintetizada en el IV Congreso Internacional de Cargas [2], desarrollado en mayo del 2003 en Buenos Aires. En el mismo se concluyeron los siguientes puntos:

1. La Argentina no cuenta con un sistema de respuesta de emergencias de alcance nacional, ni tampoco con un sistema de coordinación de los recursos dispersos disponibles.

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

2. Algunos de los recursos existentes poseen alta capacitación y equipamiento, pero con un ámbito de aplicación restringido por jurisdicción o por magnitud de equipamiento.
3. El equipamiento de los bomberos es escaso en general, con grandes diferencias de nivel, tanto de recursos como de capacitación entre los distintos destacamentos.
4. En muchos lugares se presentan serios problemas de coordinación entre los grupos de acción.
5. Algunos pocos dadores de carga han implementado una red de contratistas que atienden sólo las emergencias de sus transportistas.
6. El teléfono 0800 que existía tiempo atrás (solventado por la Secretaría de Desarrollo Sustentable) y que daba algún tipo de respuesta a la emergencia, fue discontinuado por razones presupuestarias.
7. Existe escasa preparación en la respuesta de emergencia, lo que hace necesaria la elaboración de un plan de alcance nacional para preservar a la comunidad y al medio ambiente de esas contingencias.
8. Es recomendable contemplar la adopción del sistema que funciona en USA como un centro nacional de respuestas de emergencias, que opera como centro de coordinación y comunicación entre los distintos grupos de acción relacionados con el tema, que se encuentren disponibles en las proximidades de la escena.
9. Este formato debe estar sustentado por una fuerte capacitación sobre mercancías peligrosas, para homologar los conocimientos y competencia de todos los participantes convocados.

TRANSPORTE DE MATERIALES RADIOACTIVOS EN ARGENTINA

El transporte de materiales radiactivos representa una pequeña fracción del total, un 2% aproximadamente. Aún así, se estima que en el mundo, se transportan cada año más de cuarenta millones de bultos que contienen materiales radiactivos. De estos, la mayor parte sólo contiene pequeñas cantidades que se usan para fines muy diversos. Las expediciones de materiales radiactivos pueden clasificarse en dos grupos:

- Las relacionadas con el ciclo de combustible nuclear de centrales nucleares de potencia para la generación de energía eléctrica.
- Las relacionadas con su utilización en medicina, industria e investigación.

De este último se desprende que actualmente los radioisótopos se emplean en gran cantidad de aplicaciones pudiéndose mencionar, entre otros:

- Investigaciones sobre contaminación y fertilidad del suelo,
- Prospección de petróleo,
- Exploración de minerales,
- En la lucha contra insectos y plagas,
- En la conservación de alimentos,
- En procesos terapéuticos tales como el tratamiento de diversas formas de cáncer y en ciertas disfunciones de la glándula tiroides,
- En múltiples técnicas de diagnóstico,
- En la radiografía industrial para detectar defectos y fisuras en estructuras metálicas,

Según lo señalado por la A.R.N. [3], la distribución en Argentina de este tipo de productos se muestra en la Figura 4:

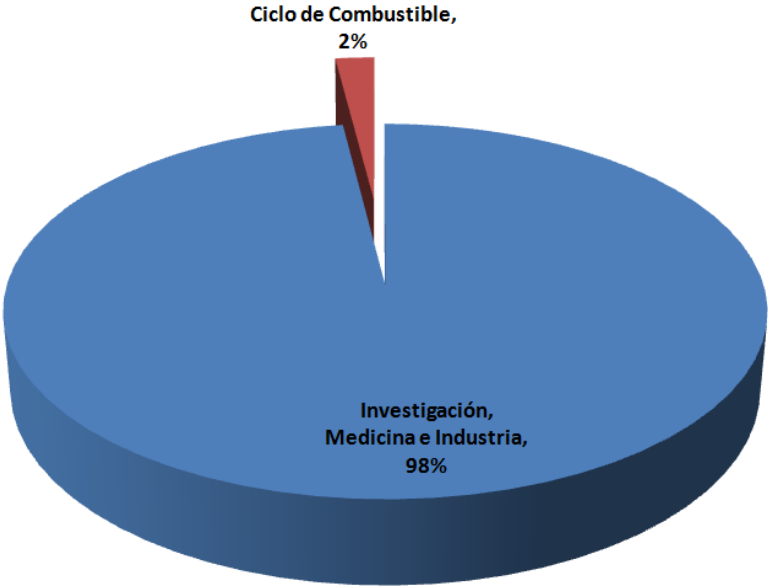


Figura 4. Distribución anual de expediciones de material radiactivo en Argentina

En la siguiente tabla se muestran los productos transportados, su medio de transporte y embalaje habitual según su destino:

Tabla 2. Clasificación de mercancías peligrosas.

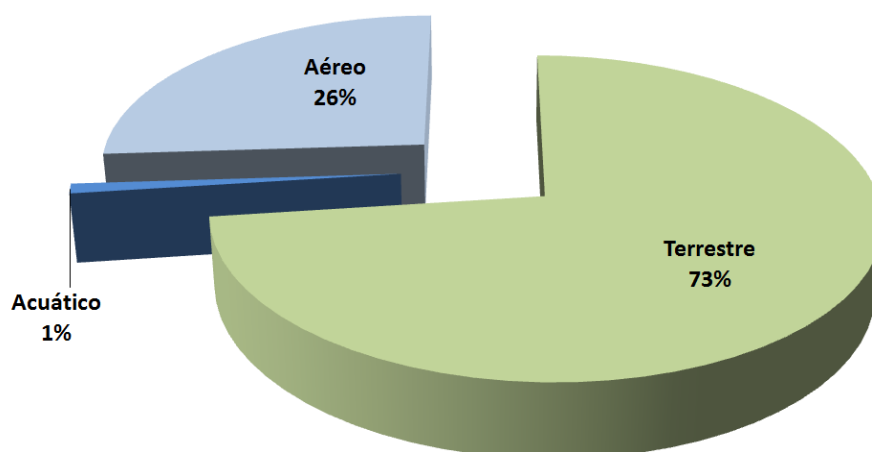
Requerimiento	Productos Involucrados	Medio de Transporte	Tipo de Embalaje
Combustible nuclear	Minerales y concentrados de uranio	Terrestre - Aéreo	Bulto industrial para materiales de baja actividad específica
	Concentrados de uranio		
Reactores de investigación	Dióxido de uranio UO ₂	Terrestre - Aéreo	Bultos Tipo A o Tipo B
	Hexafluoruros de uranio		
	Compuestos y aleaciones de uranio		
Combustibles irradiados	Combustibles no irradiados de uranio enriquecido	Permanecen dentro de las mismas instalaciones	----
Medicina, industria e investigación	Iridio 192	Terrestre - Acuática	Bultos Tipo B
	Cesio 137		
Productos radiofarmacéuticos	Cobalto 60	Terrestre - Aéreo	Bultos Tipo A
	Molibdeno – Tecnecio		
Desechos Radioactivos	Compuestos de Yodo 131	Terrestre	Tambores Metálicos Estándar
	Guantes, ropa y bolsas de plástico		

Según surge de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) [3], en Argentina, se estima que hay un total de 25.000 expediciones anuales en promedio, de las cuales 500 expediciones están relacionadas con el ciclo de combustible nuclear y 24.500 expediciones corresponden a materiales radiactivos utilizados en investigación, industria y medicina. La Tabla 3 muestra un resumen de los valores y porcentajes relativos de dichas expediciones y sus características principales.

Tabla 3. Expediciones de material radiactivo en Argentina (promedio anual).

Expediciones de materiales radiactivos	Materiales Radiactivos	Tipo de Bulto	Masa / Actividad por bulto	Expedición por año
Ciclo de combustible nuclear	Polvo de UO_2 o U_3O_8	Industrial (tambores)	200 Kg	150
	Elementos combustibles nuevos para la CNA I y CNE	Industrial (cajas)	EECC con U natural	200
	Oxidos de U enriquecido, o elementos combustibles sin irradiar para reactores de investigación	Industrial, Tipo A o B para sustancias fisiónables	Variable	150
Medicina, industria e investigación	Radiofármacos	Exceptuado tipo A	Orden de 10^{-2} TBq	17.500
	Cápsulas selladas de ^{60}Co e ^{192}Ir	Tipo B	Variable desde 4 a $4 \cdot 10^3$ TBq	4.500
	Residuos radiactivos de bajo nivel y aparatos con pequeñas fuentes	Exceptuado, Industrial, Tipo A	Variable	2.500
Total de expediciones por año en promedio				25.000

La siguiente gráfica muestra la distribución porcentual del medio de transporte utilizado por este tipo de mercancías en Argentina para el año 2012 según la información disponible en la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN)

**Figura 5.** Distribución porcentual según modo de transporte en Argentina

En lo referente a productores y usuarios de materiales radioactivos en Argentina, podemos visualizar su distribución a lo largo del territorio nacional en las Figuras 6 y 7 respectivamente.

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto



Figura 6. Distribución de Centros Atómicos, Plantas Nucleares y Complejos Mineros en Argentina

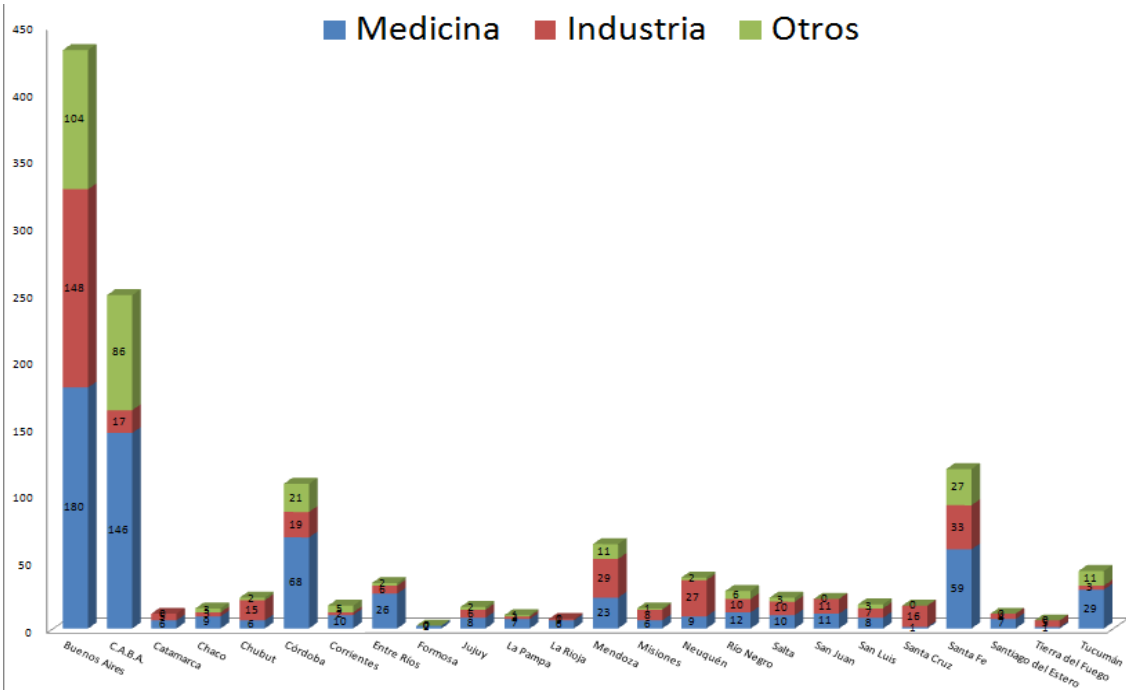


Figura 7. Distribución de Centros de usuarios de Isotopos según usos.

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

La importancia en la contención del transporte de este tipo de mercancías radica principalmente en las consecuencias asociadas al efecto de un accidente radiológico. Se entiende como accidente radiológico a los efectos perniciosos de estas sustancias a la salud del hombre, desde un simple manifiesto de malestar estomacal, problemas visibles en la piel, pérdidas de algún miembro por necesidad de amputación, muerte instantánea o, lo que es peor aún, la posibilidad que tiene un ser humano radiado de contaminar a otras personas, animales y plantas y así propagar el problema masivamente.

En resumen, el transporte de materiales radiactivos es muy diverso en cuanto a su naturaleza y riesgo. La seguridad del transporte descansa fundamentalmente en la seguridad del embalaje, por ello las exigencias en el diseño de los embalajes de transporte y los procedimientos dependerán lógicamente del material que se transporte.

Por todo ello, se considera de suma relevancia mantener en toda la cadena del producto los más rigurosos niveles de control, esto implica claramente la disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados y equipamiento acorde a la labor según corresponda.

LEGISLACIÓN DE APLICACIÓN

1. Legislación Internacional

- Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos – Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).
- ADR- Acuerdo internacional para el transporte de mercancías peligrosas por carretera. Conforme a recomendaciones de la ONU (Organización de las Naciones Unidas).
- ADN – Acuerdo internacional para el transporte de mercancías peligrosas por vía navegable. Recomendaciones IMO (International Maritime Organization)
- RID- Reglamento internacional para el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.
- IMDG - Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (según IMO) convenio para la seguridad de la vida humana en el mar.
- Normas y Métodos Recomendados de OACI, conforme al anexo 18 del convenio sobre aviación civil internacional.
- Reglamentación de Mercancías Peligrosas - IATA
- La Decisión N° 2/94 del Mercosur aprueba el acuerdo sobre el transporte de mercancías peligrosas.

Asimismo estos Organismos emitieron documentos y manuales complementarios al principal a fin de mejorar la utilización del mismo.

2. Legislación Nacional

- Ley Nacional N° 24.921 Transporte Multimodal de Mercancías
- Ley de Tránsito y Seguridad Vial N° 24.449 y el Anexo “S” del Decreto Nacional 779/95 que la reglamenta.
- Ley Nacional N° 26.353 ratificación del pacto federal en materia de tránsito y seguridad vial.
- Ley 13.891 Programa Nacional de Seguridad de la Aviación Civil.
- Ley 24.804 Actividad Nuclear y su Decreto N° 358.

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

- Norma AR 10.16.1- Rev. 2 - Transporte de Materiales Radiactivos Agencia Reguladora Nuclear.
- Decreto Nacional N° 516/07 asignación a Gendarmería Nacional Argentina el control y prevención del tránsito en rutas nacionales.
- Resolución N° 43/2011 de la Autoridad Regulatoria Nuclear.
- Resoluciones N° 233/86, N° 720/87, N° 4/89, N° 208/89, N° 110/97 y N° 195/97 de la Secretaría de Transporte de la Nación.
- Disposición N° 74/10 de la Policía de Seguridad Aeroportuaria (PSA).

CONTEXTO DEL TRANSPORTE MULTIMODAL

A fin de esclarecer las distintas Autoridades con injerencia en el transporte de mercancías radiactivas, se presenta a continuación el siguiente cuadro resumen:

Tabla 4. Competencia de Autoridades según modo de transporte.

Modo de Transporte	Normativa de aplicación	Autoridad Competente
Terrestre, acuática y aérea	Norma AR 10.16.1 Transporte de materiales Radiactivos	Autoridad Regulatoria Nuclear
Terrestre	Ley de Tránsito y Seguridad Vial	Secretaría de Transporte de la Nación
Acuática	Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas	Prefectura Naval Argentina
Aérea	Documento OACI 9284-AN/905	Administración Nacional de Aviación Civil

No obstante lo anterior, y según lo establecido por la Ley 24.449 de Tránsito y Seguridad Vial se asignan las funciones de control de tránsito en rutas nacionales y otros espacios de dominio público a Gendarmería Nacional.

• Ministerio de Interior y Transporte

- Secretaría de Transporte de la Nación - Comisión Nacional de Regulación del Transporte

Es un Organismo descentralizado que controla y fiscaliza el transporte terrestre de jurisdicción nacional. Ejerce un poder de policía en materia de transporte terrestre controlando el cumplimiento efectivo de las leyes, decretos y regulaciones vigentes.

La C.N.R.T. posee un convenio con la Gendarmería Nacional y Policía de Seguridad Aeroportuaria.

Según los datos aportados por la oficina de Fiscalización y Programación de la CNRT, se realizan operativos de control diario en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Conurbano, acompañados por personal policial con pedidos y coordinación previos con cada jurisdicción y autoridades de control correspondiente.

Disponen para ello de un cuerpo de inspectores que controlan los diferentes aspectos del transporte, incluidas las cargas con sustancias peligrosas.

- Agencia Nacional de Seguridad Vial - Centro de Formación en Política y Gestión de Seguridad Vial

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

Comenzó a trabajar en el marco de las acciones de formación que lleva adelante la Agencia Nacional de Seguridad Vial mediante la Disposición n°64 a partir del año 2010, a los fines de institucionalizar la capacitación y dictado de cursos en materia de tránsito y seguridad vial.

- Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC).

Es el Organismo encargado de administrar la aviación civil argentina, regulando, fiscalizando y certificando las actividades aeronáuticas comerciales, de aviación general y deportivas, proporcionando una infraestructura aeronáutica adecuada y velando por la mayor eficiencia de los servicios de la navegación aérea de acuerdo a las leyes y normativas nacionales y a los convenios internacionales suscriptos, a fin de promover un sistema aeronáutico con estándares óptimos de seguridad operacional y de contribuir a la integración nacional, regional e internacional.

En lo referente al transporte de mercancías peligrosas se adoptan las normas y métodos recomendados establecidos por OACI en su Anexo 18, complementándose con lo estipulado en el Manual de IATA.

- **Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN)**

Es quien establece los criterios de seguridad radiológica para el transporte de material radiactivo para todas las modalidades de transporte (terrestre, acuático y aéreo).

Para ello, se adoptó como normativa de aplicación, aquellas establecidas en el Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos emitido por el Organismo Internacional de Energía Atómica (O.I.E.A.).

Según esta norma; los trabajadores deberán recibir capacitación apropiada en relación con la protección radiológica, incluidas las precauciones que se hayan de observar para limitar su exposición ocupacional y la exposición de otras personas que pudieran resultar afectadas por las actividades que ellos realicen.

- **Ministerio de Seguridad - Prefectura Naval Argentina**

Es la Autoridad Marítima Nacional, entre otras cuestiones es responsable de fiscalizar y regular el transporte marítimo y fluvial.

Para ello, en base al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar y el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas, se establece la reglamentación destinada a la efectivización de las medidas relativas a identificación, empaque, etiquetado, manipuleo, almacenamiento, documentación y los restantes pormenores, que en conjunto procuran el adecuado control de las operaciones con mercancías peligrosas y coordina con otras autoridades la compatibilización de las normas relativas a su transporte en otros ámbitos.

CASOS DE ESTUDIO - TRANSPORTE DE MATERIALES RADIATIVOS

1. Caso 1 – Fallo del expedidor.

Una carga de diez (10) baldes con Mo-99 (molibdeno radiactivo) es introducida a la Terminal de Cargas Aéreas de Ezeiza con el objeto de ser despachada y transportada en una aeronave A-320 hacia fines de Octubre del 2012.

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

Una vez en la terminal, el personal responsable de procesar las mercancías peligrosas para su adecuado despacho, procede a chequear el Índice de Transporte declarado por el expedidor en función del procedimiento indicado.

De acuerdo con eso, se extraen dos baldes y se determina un valor de Índice de Transporte según se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5. Valores del Índice de Transporte.

Muestra	Valor según Expedidor	Valor según mediciones
Balde N° 1	3	6
Balde N° 2	3	6,5
Total	6	12,5

De acuerdo con ello, se obtiene un Índice de Transporte superior al doble de lo indicado por el Laboratorio, con lo que al aplicar la tabla de márgenes de separaciones se obtiene:

Tabla 6. Valores del Índice de Transporte (Tabla 7-3 Doc. 9284-AN/905 OACI).

Suma total de IT	Distancia Mínima (m)	Suma total de IT	Distancia Mínima (m)
0,1 a 1,0	0,30	30,1 a 35,0	3,50
1,1 a 2,0	0,50	35,1 a 40,0	3,75
2,1 a 3,0	0,70	40,1 a 45,0	4,00
3,1 a 4,0	0,85	45,1 a 50,0	4,25
4,1 a 5,0	1,00	50,1 a 60,0	4,65
5,1 a 6,0	1,15	60,1 a 70,0	5,05
6,1 a 7,0	1,30	70,1 a 80,0	5,45
7,1 a 8,0	1,45	80,1 a 90,0	5,80
8,1 a 9,0	1,55	90,1 a 100,0	6,10
9,1 a 10,0	1,65	100,1 a 110,0	6,45
10,1 a 11,0	1,75	110,1 a 120,0	6,70
11,1 a 12,0	1,85	120,1 a 130,0	7,00
12,1 a 13,0	1,95	130,1 a 140,0	7,30
13,1 a 14,0	2,05	140,1 a 150,0	7,55
14,1 a 15,0	2,15	150,1 a 160,0	7,80
15,1 a 16,0	2,25	160,1 a 170,0	8,05
16,1 a 17,0	2,35	170,1 a 180,0	8,30
17,1 a 18,0	2,45	180,1 a 190,0	8,55
18,1 a 20,0	2,60	190,1 a 200,0	8,75
20,1 a 25,0	2,90	200,1 a 210,0	9,00
25,1 a 30,0	3,20	210,1 a 220,0	9,20

Surge del Airport Planning emitido por el fabricante, que las bodegas de carga de la aeronave poseen las dimensiones expresadas en la siguiente figura.

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

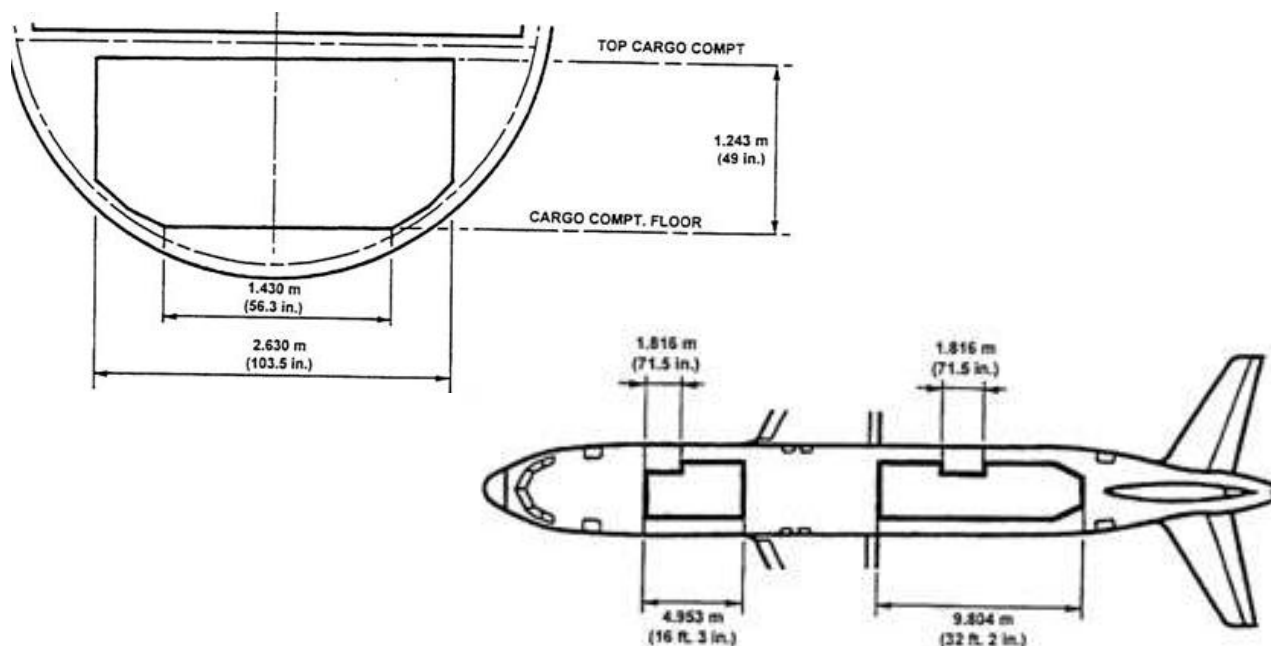


Figura 8. Bodegas de carga del Airbus 320.

En consecuencia, y atento la imposibilidad de carga en la aeronave en función de los requerimientos de separación, el cargamento fue rechazado por la compañía aérea de transporte y devuelto al laboratorio de origen para su adecuación.

El evento ocurrió nuevamente en otra oportunidad y por consiguiente la empresa decidió no operar más con este expeditor; no obstante ello se sabe que operador continúa despachando sus productos por otra compañía aérea.

2. Caso 2 – Fallo del operador

A mediados del año pasado personal de cargas de la Terminal de Cargas Aéreas prepara un envío en un pallet de madera de dos baldes radiactivos de Tc-95 (Tecnecio), para ser transportado en una de las bodegas de un Boeing 757. El Índice de Transporte de cada uno era de 1,0 por lo que, el Índice de Transporte Total es 2,0 según lo indicado en la normativa de aplicación.

De la tabla 5 podemos determinar que para ese IT la separación mínima a todo ser viviente o cualquier comestible deberá ser de 0,50 metros desde la cara exterior más cercana al piso de pasajeros.

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

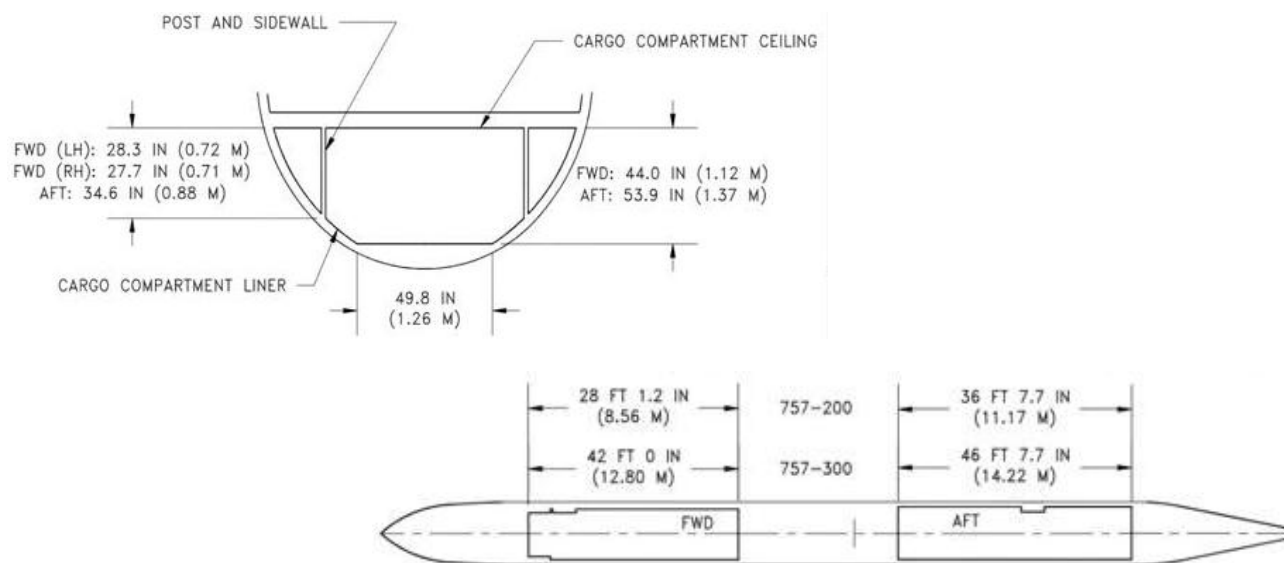


Figura 9. Bodegas de carga del Boeing 757-200, 300.

Los baldes estibados uno contiguo del otro tenían una altura de 0,38 metros, por lo que podría transportarse sin mayores inconvenientes respetándose los valores de separación previstos.

No obstante ello, al momento de la carga, uno de los operarios decidió apoyarla sobre un pallet de 0,25 metros considerando que esto resultaría una mejor disposición de la carga en la aeronave.

Como podemos observar, la inclusión de este pallet hacía inviable su despacho, por no poder cumplirse con los márgenes de separación estipulados.

Hubiera pasado a mayores si el fallo del operador no hubiese sido detectado previo a la carga definitiva en la aeronave, no obstante ello, debió demorarse el vuelo a fin de que la carga pueda acomodarse nuevamente a los requerimientos de seguridad establecidos.

OBSERVACIONES

De acuerdo con lo anteriormente planteado, y considerando los registros disponibles, de los 25.000 envíos anuales, según el CIQUIME no se registraron accidentes de gravedad relacionados con el transporte de materiales radiactivos. Al mismo tiempo la Autoridad Reguladora Nuclear no publica estadísticas relacionadas con accidentes y/o incidentes con este tipo de mercancías.

No obstante lo anterior, y según lo señalado por la International Atomic Energy Agency (IAEA) en el 2012, el Comité Directivo Internacional sobre Rechazos en el Transporte (ISCDoS) revisó la información en los rechazos y retrasos de su base de datos y señaló que se han informado 168 negaciones y 14 retrasos en envíos marítimos, y 4 negaciones y 47 retrasos en envíos aéreos. Además de los hechos denunciados en la base de datos, la ISCDoS fue notificada de otros 400 retrasos en los envíos aéreos de un solo expedidor.

Bamberger, Melitón, Ochoa y Di Gregorio - Problemática en la trazabilidad del transporte de carga desde su origen hasta el aeropuerto

CONCLUSIONES

1. La normativa de aplicación para el transporte de mercancía de este tipo está basada en las emitidas por Organismos Internacionales de Relevancia.
2. Existen diversas Autoridades de Aplicación para la reglamentación y control de la actividad en función de los distintos tipos de modos de transporte.
3. Estas Autoridades no disponen de los recursos (Humanos y Tecnológicos) para llevar a cabo la fiscalización de todo el Transporte realizado.
4. La capacitación del personal de cada uno de los elementos de la cadena de transporte (Laboratorio, Transportista, Operador Aéreo y Autoridad entre otros) resulta inadecuada o deficiente. Resultando necesario sensibilizar con mayor capacitación a los recursos humanos de toda la cadena de actores intervinientes en el transporte de mercancías peligrosas.
5. No se dispone de un registro de accidentes e incidentes adecuado para su correcto análisis.
6. Existen fallas al momento de fiscalizar el transporte multimodal, debiéndose coordinar esfuerzos de las distintas autoridades de aplicación.
7. Los problemas encontrados en el Congreso Internacional de Cargas continúan vigentes luego de 10 años.

REFERENCIAS

- [1] Centro de Investigaciones Químicas para Emergencias (CIQUIME) – “Informe Estadístico Anual”.
- [2] IV Congreso Internacional de Transporte de Cargas. Buenos Aires 2003. Fundación para la Formación Profesional en el Transporte.
- [3] Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) – “Transporte Seguro de Material Radiactivo”.

CONFERENCIA PLENARIA II

DESARROLLO SOSTENIBLE DEL TRANSPORTE AÉREO

A. Benito

Departamento de Infraestructura, Sistemas aeroespaciales y Aeropuertos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid
Plaza del Cardenal Cisneros 3, 28040 Madrid, España
Email: arturo.benito@upm.es

RESUMEN

En esta exposición se intentan establecer las condiciones necesarias para la evolución del transporte aéreo mundial, dentro de los esquemas de un desarrollo socioeconómico sostenible. En el enfoque utilizado se diferencian los conceptos de transporte aéreo sostenible y de transporte aéreo para un desarrollo socioeconómico sostenible, considerando el segundo como mejor adaptado a las necesidades de la sociedad actual.

Se revisan los tres pilares básicos de la sostenibilidad: social, económico y ambiental, describiendo las aportaciones actuales del transporte aéreo y las tendencias hacia los años venideros, con particular mención de los objetivos declarados por los diferentes actores del sistema.

A continuación se discute la congruencia de esos objetivos con las políticas existentes, otorgando una especial atención a la accesibilidad económica y protección medioambiental que resultan ser los más complicados de alcanzar. En particular, los efectos del transporte aéreo sobre el cambio climático, que ofrecen grandes dificultades para resultar compatibles con un desarrollo sostenible.

Como principales conclusiones, se cuestiona la verosimilitud de algunos de los principales objetivos declarados del sector en el área de sostenibilidad y se ofrecen algunas alternativas posibles para alcanzar un desarrollo del transporte aéreo compatible con los elementos de sostenibilidad deseables en la evolución de nuestra sociedad.

Palabras clave: sostenibilidad, transporte aéreo, medio ambiente.

This presentation intends to establish the conditions needed for the evolution of the world air transport, within a socioeconomic sustainable development. A clear differentiation is made between sustainable air transportation and air transportation for a sustainable socioeconomic development. The second is considered as best suited for the present society needs.

The three basic sustainability pillars are reviewed: social, economic and environmental, describing the air transport contributions as today and for the coming years, with particular reference to the declared aspirational goals of the main stakeholders of the air transport system.

The congruency of those goals with the existing policies is discussed, paying special attention to economic affordability and environmental protection, likely the most difficult to achieve. In particular, the growing contribution of air transport to climatic change poses a challenge for sustainable development of the mode.

Main conclusions draw some questions on the feasibility of the main sustainability aspirational goals of the sector and offer some alternative solutions to foster an air transport development compatible with the sustainability targets of our society.

Key words: sustainability, air transport, environment

.

1.- EL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD

El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua en su última edición, la número 22 publicada en 2001, define sostenibilidad como la cualidad de sostenible y, a su vez, sostenible como un adjetivo que, dicho de un proceso, indica “que puede mantenerse por sí mismo, como lo hace p. ej., un desarrollo económico sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes”.

Con independencia de lo enrevesado de tal definición, resulta interesante destacar la relativa novedad de este concepto en nuestra lengua: en la anterior edición del conocido diccionario, la publicada en el año 1992 no figuraban las palabras sostenibilidad y sostenible, términos ambos empleados de manera usual en las conversaciones y documentos actuales en castellano y de uso común bastantes años antes en otras lenguas.

La idea de que algo se “mantiene por sí mismo, sin ayuda exterior ni merma de los recursos existentes” parece difícil de realizar desde un punto de vistas de las ciencias físicas, y tiene una preocupante semejanza con la utopía del movimiento continuo. Sin embargo, todo es cuestión de los términos en que se defina el sistema. Es evidente que la energía solar depende de las reacciones que tienen lugar en esa estrella alrededor de la cual orbita nuestro planeta, y que su existencia, en la configuración que todos conocemos, llegará a su fin dentro de unos 5.500 millones de años. A nuestros efectos podemos calificar la energía solar como de cantidad infinita y su uso no merma los recursos existentes, reflejando muy bien el concepto de sostenible.

Otra cosa muy diferente es el petróleo. Con independencia de que se admita o no la famosa teoría de Hubbert [1], que sostiene que la extracción de crudo petrolífero alcanzó un máximo en Estados Unidos en el año 1970 y en el resto del mundo en 2006, los pronósticos más optimistas conceden que esta fuente de energía no durará más de cien años. El consumo de petróleo es, por definición, no sostenible, puesto que no se produce más crudo. Esto es particularmente importante para el transporte, puesto que este sector consume aproximadamente la mitad de todo el petróleo extraído y en algunos modos, como el aéreo, no se percibe a medio plazo un combustible sustitutivo.

Otro elemento a introducir en el concepto de sostenibilidad es la variabilidad del sistema en el que los cambios en número y distribución geográfica de la población, sus necesidades y sus gustos, así como los desarrollos tecnológicos e industriales, modifican el tipo de recursos necesarios y los procesos de funcionamiento. Por ejemplo, las ciudades empezaron a iluminarse con farolas de petróleo o de gas, para pasar después a la electricidad que, a su vez puede generarse por fuentes de diversos tipos, incluyendo centrales que consumen petróleo o gas natural. En otros casos, hay un uso o un proceso que simplemente desaparecen de manera paulatina, bien por obsolescencia tecnológica, como el empleo de la tracción animal en el transporte, bien por problemas medio ambientales, como la producción de CFCs, sustancias que dañan la capa de ozono, o bien por extinción de la fuente, como el uso de grasa de ballena. En estos casos, el elemento de sostenibilidad es la existencia de recursos para sustentar la tarea o el uso alternativo.

1.1 DEFINICIÓN

La definición generalmente aceptada de sostenibilidad proviene de un informe elaborado para las Naciones Unidas en 1987, por la comisión encabezada por la Primera Ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland [2]. El informe, titulado *Our Common Future* (Nuestro futuro común), tiene gran importancia por ser el primero que une el cuidado del medio natural o sostenibilidad de recursos naturales con la sostenibilidad socio-económica, buscando erradicar la pobreza mundial y construir una sociedad más igualitaria, al menos en los elementos básicos necesarios para llevar una vida digna.

La unión de los conceptos de protección ambiental y desarrollo socio-económico fue bautizado como desarrollo sostenible y responde a la definición contenida en el informe de:

“satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras”

Una definición que ha sido generalmente aceptada durante los años siguientes y que está recogida en los documentos de la Primera Cumbre de Río de Janeiro en 1992 (Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo), en cuya Declaración Final se respalda y amplía este concepto.

La mera enunciación anterior expresa una idea razonable, muy intuitiva, pero ofrece algunos puntos problemáticos. El primero y quizás más importante es que las necesidades del presente son muy distintas en diferentes partes del globo y van inextricablemente unidas al nivel de desarrollo de cada zona mundial. El informe Brundtland, como se conoce popularmente el documento, reconoce este hecho y llega a aventurar la hipótesis de que probablemente no existan recursos para elevar el nivel socio-económico de las regiones más desfavorecidas hasta el de los países más ricos del planeta. En consecuencia, el desarrollo sostenible exigiría un desarrollo económico de las zonas de pobreza, combinado con dos tipos de restricciones: una general de tipo ecológico, con el compromiso de preservar los recursos naturales del planeta Tierra, y otra moral, de tipo económico, renunciando a niveles y formas de consumo que no serían alcanzables por la mayoría de la población, sin grave deterioro de esos recursos.

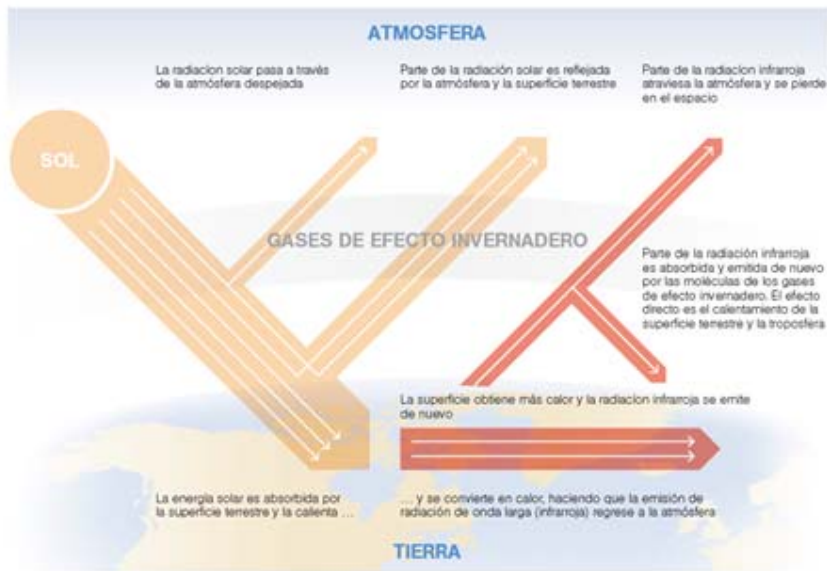
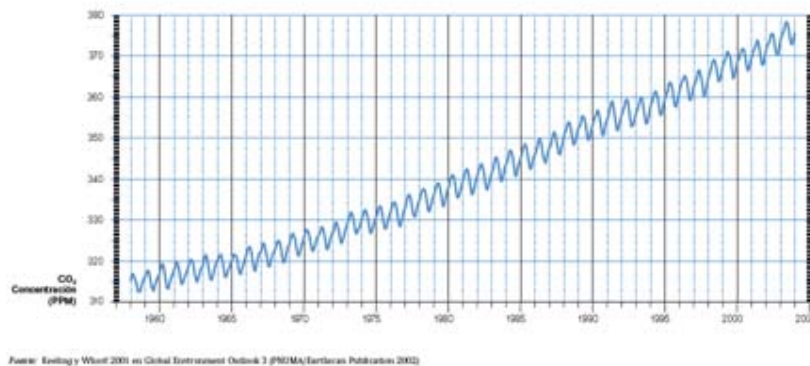
El informe no pretende la adopción de un conservacionismo fundamentalista y admite que la conservación de los ecosistemas debe estar subordinada al bienestar humano, puesto que es imposible preservarlos totalmente en su condición natural. Al mismo tiempo, advierte de la necesidad de un estricto control demográfico, especialmente en cuanto a natalidad, si se quiere garantizar un nivel de vida razonable para toda la población.

En este último punto, el informe enlaza con la actividad del Club de Roma, una Organización No Gubernamental, creada en 1968, y que se hizo mundialmente famosa en 1972, con la publicación del informe *The limits of Growth* (Los límites del crecimiento) [3], considerado por muchos como una simple expresión de la renovación de las teorías malthusianas, pero de innegable valor al apuntar los problemas que podría conllevar una explosión demográfica provocada por las mejoras de la sanidad pública y de la alimentación de la población mundial. Aunque su influencia en la opinión pública haya disminuido, el Club de Roma continúa activo y en 2012 ha publicado su último informe, titulado: “2052: una proyección para los próximos 40 años” [4], en el que aborda los mismos problemas que en sus primeros trabajos, bajo nuevos escenarios y desde un enfoque en el que las consecuencias de la superpoblación se manifiestan primeramente no en dificultades para la producción de alimentos suficientes, sino en los efectos de un cambio climático acelerado.

El cambio climático ha aparecido en los últimos años como la amenaza más poderosa a corto y medio plazo para la sostenibilidad del desarrollo socio-económico de la Humanidad. La idea básica es que las actividades humanas, singularmente el consumo de combustibles fósiles, podrían alterar la composición de la atmósfera y modificar la climatología, de forma que la temperatura media de las zonas donde se desarrolla la vida humana fuera subiendo, con graves consecuencias en términos de deshielo de los casquetes polares, subida del nivel de los océanos, desplazamiento de las zonas climáticas hacia los polos, desertización creciente, etc.

Los primeros apuntes de estas teorías llegan hasta 1859, cuando el profesor británico John Tyndall descubrió el papel de algunos compuestos atmosféricos, como el vapor de agua y el dióxido de carbono en el bloqueo de la radiación infrarroja, produciendo un “efecto invernadero” que explicaba el mantenimiento de temperaturas aceptables para la vida humana sobre la superficie terráquea. Tras la irrupción de la industrialización de la segunda mitad del siglo XIX, el físico sueco Svante August Arrhenius publicó el primer cálculo del calentamiento debido a las emisiones de CO₂ de origen humano, pero no fue hasta 1961 cuando la publicación de las medidas de concentración de CO₂ en la atmósfera, obtenidas por el químico norteamericano Charles Keeling demostraron un continuo aumento de la concentración de ese gas, que ha pasado de las 280 ppm (partículas por millón) de la era preindustrial, hasta las casi 400 ppm de la actualidad [5].

Benito – Desarrollo sostenible del transporte aéreo

**Figura 1.-** Mecanismo del efecto invernadero**Figura 2.-** Curva de Keeling con el aumento de la concentración de CO₂ (Keeling y Whorf 2001, contenido en Global Environment Outlook 3, PNUMA 2002)

La Declaración de Río de Janeiro de 1992 confirmó un amplio consenso de la comunidad científica internacional sobre los efectos de las actividades humanas en el cambio climático y se firmó el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC), ratificado actualmente por 153 países, para mitigar estos efectos antropogénicos y estabilizar el calentamiento de la atmósfera terrestre en un máximo de 2° C sobre los niveles preindustriales. De esta forma, la lucha contra el cambio climático ha pasado a ser un elemento esencial dentro de las políticas de desarrollo sostenible.

La evaluación socio-económica de los efectos del cambio climático ha sido objeto de numerosos estudios. El más conocido es el publicado en octubre de 2006 por un comité presidido por el parlamentario británico David Stern [6], a petición del gobierno del Reino Unido. La conclusión es que realizar ahora las inversiones necesarias para que el calentamiento atmosférico se estabilice en los 2° C sería costoso, pero resultaría entre tres y cuatro veces más rentable, desde un punto de vista económico, que proseguir en la postura *business as usual* y tener que adaptarse a los cambios climáticos consecuencias de aumentos entre los 5 y 6° C, previsibles en los próximos 50 años, si no se toman medidas apropiadas.

1.2 TRANSPORTE Y DESARROLLO

La movilidad es una necesidad humana esencial y en el tipo de sociedad actual, la supervivencia de la humanidad y la evolución social dependen de la capacidad de mover personas y bienes de una forma segura, fiable y eficiente. Disponer de sistemas de movilidad adecuados y eficientes es un elemento primordial para el desarrollo económico. Una de las características intrigantes de la movilidad social es que, a medida que avanza la tecnología del transporte hacia viajes más rápidos y eficientes, el tiempo dedicado a viajar por parte del ciudadano permanece constante. El ciudadano, según han demostrado Zahavi y Talvitie [7], aprovecha estas mejoras para ir más lejos, no para reducir el tiempo de transporte, que permanece casi estable entre el 10 y el 15% del tiempo útil diario.

La actividad transportista es una actividad derivada y no una finalidad en sí misma. El concepto de transporte como actividad económica puede definirse como el movimiento de personas y cosas de un lugar a otro, creando valor añadido. Ello indica que el transporte tendrá lugar cuando el valor añadido creado supere los costes que supone para el viajero o el remitente de la mercancía.

La política de transportes influye poderosamente en el volumen y el modo escogido por la actividad a través de cuatro elementos diferentes:

- La reglamentación técnica
En general, todos los modos de transporte responden a una reglamentación técnica que contempla requisitos mínimos de los vehículos, de las infraestructuras y de la operación de todo ello. La globalización creciente de la economía y la sociedad hace que estas normas sean cada vez más internacionales, pero aún quedan una serie de diferencias que pueden constituirse en barreras para la difusión internacional de los servicios de transporte, como los diferentes anchos de vía en el ferrocarril.
- La reglamentación comercial
La normativa comercial se traduce muchas veces en barreras para la generalización de los servicios de transporte, al reservarse muchos Estados la concesión de derechos de transporte a empresas de su nacionalidad, como pasa en muchas zonas del mundo con la aviación comercial internacional.
- La provisión de infraestructuras
Hasta hace no muchos años, las infraestructuras de transporte eran, con algunas pequeñas excepciones, de propiedad, construcción y explotación estatales, por lo que quedaba en manos del Gobierno de turno la decisión de qué parte de sus recursos asignar a estos fines y, a su vez, a qué zonas del país y a qué modos de transporte dedicarlos. Este elemento diferencia poderosamente el transporte de los países que dan preferencia al vehículo privado de aquellos que otorgan más importancia al transporte colectivo.
- La externalización de los costes
En base estrictamente económica, el usuario debería sufragar los costes totales del transporte que utiliza y, según la definición del principio de este apartado, solo realizaría la operación de transporte si el valor añadido de la misma superase el coste total. Es evidente que, a medida

Benito – Desarrollo sostenible del transporte aéreo

que se reducen los costes del transporte, aumentará previsiblemente la demanda de estos servicios. Si parte de los costes, como el uso de infraestructuras o los impactos ambientales no son costeados por el usuario, el resto de la comunidad estará subvencionando su viaje. Dado que el transporte es una actividad derivada, esa subvención pasa al usuario, que ve beneficiado su viaje o su envío de mercancía por encima de las condiciones del mercado. Los Gobiernos pueden acudir a estas políticas por diversas razones: para beneficiar otras actividades económicas importantes para el país, como puede ser el turismo, para evitar otros fenómenos, como la posible congestión del tráfico ciudadano, o para beneficiar a un modo de transporte respecto a los demás.

Si bien los agentes individuales del proceso actúan analizando las consecuencias de las políticas de transporte aplicadas para su elección del uso de los diferentes medios de transporte disponibles para un determinado viaje, seleccionando el modo que les ofrece un menor coste generalizado (la suma de todos los elementos económicamente cuantificables de un viaje), desde un punto de vista más agregado se trataría de analizar la adecuación y sostenibilidad del conjunto para la evolución económica y social de la comunidad para la que se legisle.

Ello llevaría a considerar el transporte como una herramienta para el desarrollo y por tanto, la pregunta pasaría de ser cómo conseguir un transporte sostenible a convertirse en cómo debe ser el transporte para el desarrollo sostenible de la sociedad. En esta segunda aproximación, el transporte coexiste con el resto de los elementos de desarrollo, como la explotación de los recursos naturales, los procesos industriales y el resto de la economía del sector servicios.

2. TRANSPORTE AÉREO Y SOSTENIBILIDAD

Algunas de las características más acusadas del transporte aéreo juegan un importante papel en el desarrollo sostenible. Las ventajas que la velocidad del vehículo y su gran alcance confieren a este modo de transporte le hacen imprescindible para desplazamientos rápidos de pasajeros a medias y largas distancias, hasta alcanzar un 8% del total mundial de pasajeros-kilómetro transportados.

En la actualidad, los modelos de aviones de transporte de más largo alcance, Boeing B777-200LR y Airbus A340-500 son capaces de unir sin escalas casi cualquier par de puntos de nuestro planeta. La creciente globalización del mundo, tanto en términos económicos como sociales, se apoya en estas capacidades y ocasiona grandes tasas de crecimiento en este modo de transporte, esencial para algunas actividades de gran importancia, como el turismo internacional. Este crecimiento se alinea con el incremento de PIB mundial, con una elasticidad media del orden de dos.

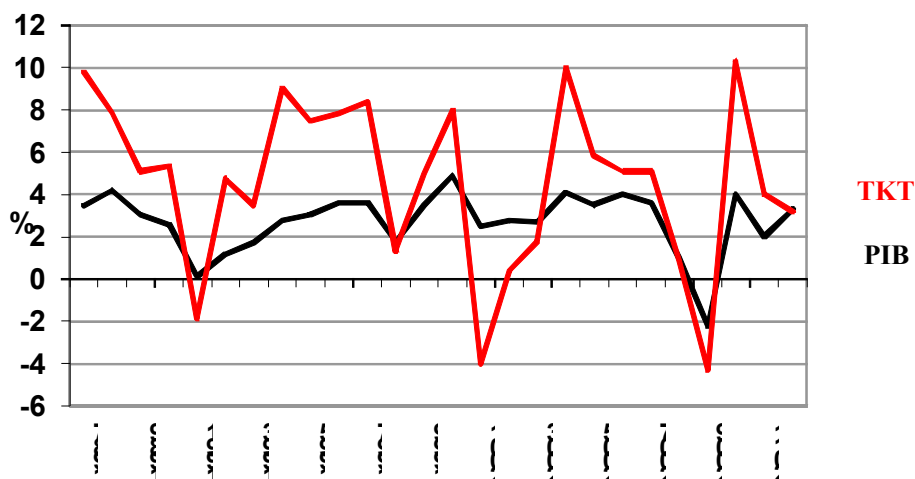


Figura 3. Evolución del tráfico aéreo y del PIB mundial. Variaciones en porcentaje sobre el año anterior
Fuente: OACI y FMI

En la figura precedente pueden apreciarse las repercusiones de algunos de los sucesos relevantes para el desarrollo económico mundial, como la Guerra del Golfo de 1990-91, la crisis financiera del sudeste asiático en 1998, los atentados del 11-S en 2001 y la crisis financiera de 2008-09. En todos los casos economía y transporte aéreo se movieron en paralelo, salvo en el 11-S, cuando la utilización de aviones comerciales como arma de guerra afectó de forma particular a la aviación comercial.

3. ELEMENTOS DE SOSTENIBILIDAD

El desarrollo sostenible es el resultado de un delicado equilibrio entre los efectos sociales, las repercusiones económicas y el impacto ambiental. Es evidente que las consecuencias de todas las actividades humanas tienen elementos de estos tres tipos y, por tanto, un análisis aislado de uno sólo de ellos no refleja con exactitud todos los factores a evaluar.

Las áreas primordiales de actuación para reforzar la sostenibilidad de cualquier actividad del sistema de transporte son cinco: accesibilidad física, reduciendo las barreras físicas de uso del sistema; accesibilidad económica, mitigando las barreras de precio; accidentalidad, disminuyendo las probabilidades estadísticas de que suceda un accidente y de sufrir daños a consecuencia de éste; seguridad, disminuyendo las probabilidades estadísticas de sufrir agresiones, robos o amenazas; y medio ambiente, procurando aminorar el impacto de las actividades de transporte sobre el medio ambiente [8]. A continuación se pasa revista a la situación general de estas cinco áreas en el transporte aéreo,

3.1. ACCESIBILIDAD FÍSICA

Las principales barreras de accesibilidad física al transporte aéreo pueden repartirse en dos grupos: acceso de individuos con capacidad física disminuida y acceso de grupos de población aislados o en zonas de difícil construcción de las infraestructuras necesarias.

En el primer grupo, las mayores dificultades aparecen en el cumplimiento de las normas internacionales de seguridad en caso de emergencia, que exigen el abandono del avión en menos de 90 segundos utilizando solo las puertas de un costado del avión. Dependiendo del tipo de discapacidad que padezcan, algunos pasajeros pueden no entender la explicación de las medidas de seguridad impartida por la tripulación, incluyéndose aquí la barrera del idioma, o no pueden proceder a la evacuación con la celeridad precisa. En muchos casos se requiere que la persona discapacitada viaje acompañada por alguien que pueda ayudarle en estas circunstancias.

La configuración de los interiores de los aviones actuales presenta también algunos elementos, como asientos y lavabos, adaptados a las condiciones de pasajeros con movilidad reducida. La presurización del interior de la cabina y su bajo nivel de humedad puede no ser recomendable para algunas dolencias o estados avanzados del embarazo. No obstante, el número de personas afectadas por estas limitaciones es, hoy en día, muy pequeño.

El segundo grupo está desigualmente distribuido a lo ancho del mundo en función del entorno geográfico, las condiciones meteorológicas imperantes y el grado de desarrollo socioeconómico. La red de servicios de la aviación comercial cuenta con unas 1.600 compañías aéreas que sirven 3.900 aeropuertos con servicios regulares en todo el mundo en unas 35.000 rutas [9]. Sin embargo, más del 90% del tráfico aéreo mundial se concentra en rutas entre Norteamérica, Europa y Extremo Oriente, con mucha menor densidad de vuelos por debajo del ecuador, donde quedan aún algunas regiones con acceso muy limitado.

Las políticas de conectividad y accesibilidad llevadas a cabo por muchos gobiernos tienen al transporte aéreo como herramienta básica para comunicar regiones aisladas o con malas condiciones meteorológicas, llegando a subvencionar muchos de estos servicios como en el caso de los *Essential Aviation Services* en Estados Unidos, o los Servicios de Interés General en la Unión Europea, donde

Benito – Desarrollo sostenible del transporte aéreo

el programa de movilidad tiene como objetivo que se pueda viajar en un tiempo máximo de cuatro horas entre los principales núcleos de población de los 28 estados miembros.

Las políticas de cooperación intermodal o comodalidad son un excelente medio para conseguir estos propósitos, mediante combinaciones entre ferrocarril y avión o carretera y avión utilizando un mismo título de pasaje. La formación de grandes alianzas de compañías aéreas, como las conocidas *Star Alliance*, *oneworld* y *Sky Team* permiten ofrecer al viajero redes de servicios de alcance mundial sin tener que sufrir los inconvenientes de un cambio de transportista.

3.2. ACCESIBILIDAD ECONÓMICA

En sus orígenes el transporte aéreo era un modo de transporte reservado al uso de las clases sociales más favorecidas. Los grandes avances en tecnología aeronáutica y eficiencia operacional han permitido a un gran número de población el acceso económico a este servicio. En el año 2012 se realizaron algo más de 3.100 millones de viajes aéreos, sobre una población total del planeta algo superior a los 7.000 millones de habitantes.

Esta media de 0,44 viajes por habitante se distribuye de manera muy desigual a lo largo del mundo, en función de la renta disponible de las familias. Aunque en muchos países se carece de buenas estadísticas de renta disponible, el empleo de la renta per cápita como indicador permite una aproximación relativamente buena, como puede verse en la **Figura 4**

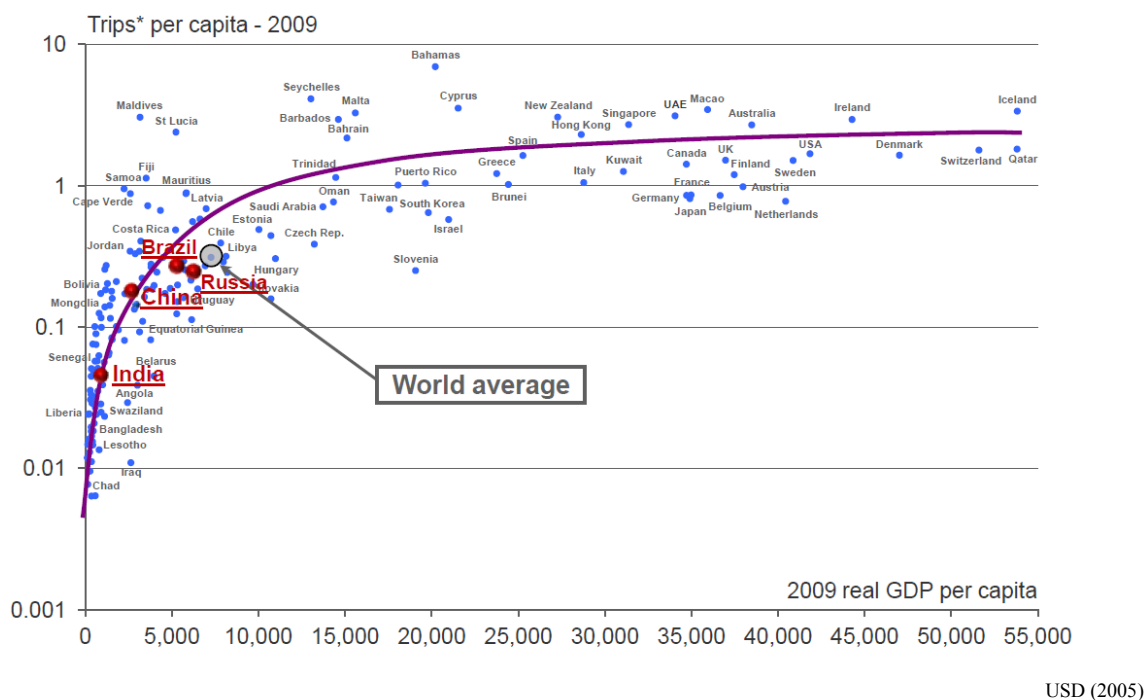


Figura 4. Relación entre la renta per cápita nacional y el número de viajes aéreos
(Fuente: OACI y FMI)

El ajuste de la curva de regresión es bastante aceptable, pudiendo observarse diferencias entre países de similar renta per cápita, ocasionadas por circunstancias de aislamiento geográfico, como el caso de Islandia, con alto número de vuelos, o de política de transportes, como en el centro de la Unión Europea, zona dotada de excelentes infraestructuras de transporte terrestre, cuyos costes son generalmente sufragados por los Estados.

Benito – Desarrollo sostenible del transporte aéreo

La indicación de la tendencia a mejorar de la accesibilidad económica viene dada por la pendiente de la zona inicial de la curva, donde pequeños incrementos de renta per cápita producen grandes subidas de tráfico aéreo. En esa zona se encuentran algunos de los Estados más poblados del mundo, como China, India, Rusia, Indonesia o Brasil, donde se concentran las mayores tasas de crecimiento de la economía mundial. La incógnita de si será posible que esos países lleguen a una frecuencia de viajes similar a la actual en Estados Unidos (cerca de 3 viajes anuales por habitante) es una de las más difíciles de tratar dentro de un entorno de desarrollo sostenible. En la **Figura 5** puede observarse la gran participación de esos países en el crecimiento económico mundial durante el período 2008-2011. Los comúnmente denominados BRIC (Brasil, Rusia, India y China) aportaron algo más del 50% del incremento económico en esos años.

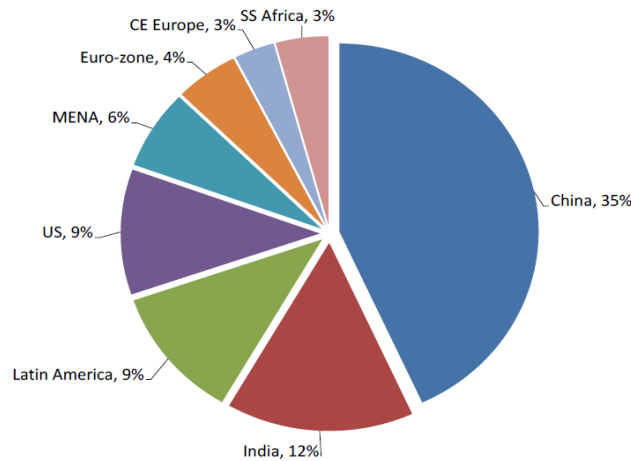


Figura 5. Participación de diferentes zonas geográficas en el crecimiento económico mundial durante el cuatrienio 2008-2011. (Fuente: UNECE)

3.3. ACCIDENTALIDAD

Está generalmente aceptado que el modo aéreo tiene unos bajos niveles de accidentalidad y que estos niveles disminuyen de manera continua, de forma que el número absoluto de víctimas en accidentes aéreos sigue decreciendo, pese al aumento de tráfico, tanto en número de pasajeros como de vuelos realizados.

La distribución geográfica de los accidentes es todavía relativamente distinta en las zonas más desarrolladas y en los países en vías de desarrollo. De acuerdo con las cifras de la Asociación de Transporte Aéreo internacional (IATA), en el año 2012 el transporte aéreo mundial sufrió un accidente por cada 5 millones de vuelos, mientras que en África la cifra fue de 1 cada 270.000 vuelos, una tasa de accidentalidad casi 20 veces superior. África, que realizó el 3% de todo el tráfico aéreo tuvo el 17% de los accidentes.

El sistema de seguridad aérea de la aviación comercial se basa en los principios de control continuo y transparencia en los resultados. Consta de siete elementos principales:

- **Diseño:**
Todo avión civil precisa de una aprobación de su proyecto general, metodología empleada y cálculo realizado.
- **Fabricación:**
Se realiza inspección y certificación de materiales y procesos de fabricación, además de inspecciones durante la construcción y el montaje de las aeronaves.

Accident Rates and Onboard Fatalities by Year

Worldwide Commercial Jet Fleet – 1959 Through 2011

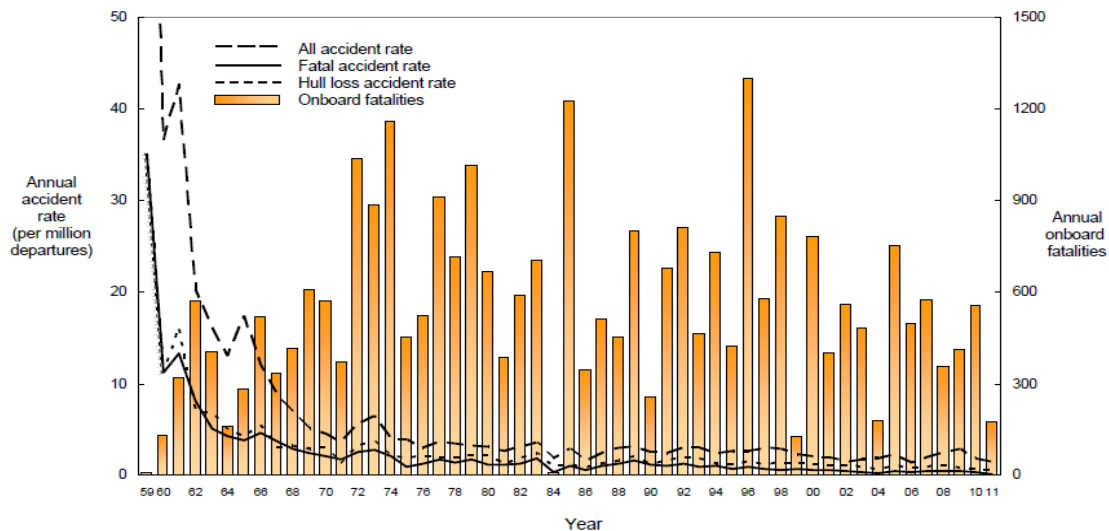


Figura 6. Evolución de las tasas de accidentalidad y del número total de fallecidos en vuelos de reactores comerciales durante los últimos 50 años (Fuente: Boeing)

- **Certificación:**
Los prototipos se someten a un riguroso programa de ensayos en tierra y vuelo para obtener la correspondiente certificación de tipo. Cada modelo individual entregado deberá obtener un certificado de aeronavegabilidad.
- **Mantenimiento:**
Las aeronaves en servicio deben realizar las tareas de mantenimiento según procedimientos aprobados, en instalaciones certificadas, así como con una organización de mantenimiento igualmente certificada.
- **Operación:**
Los tripulantes deben poseer licencias actualizadas periódicamente y adecuadas a sus funciones. La operación de la aeronave se rige igualmente por procedimientos aprobados e inspeccionados periódicamente.
- **Explotación:**
La compañía operadora debe conseguir su correspondiente licencia (AOC), tras demostrar que tiene a su disposición todos los elementos necesarios para operar con seguridad.
- **Investigación de accidentes:**
Todo accidente es investigado según procedimientos internacionalmente acordados y las conclusiones de la investigación son públicas, difundándose sus conclusiones y recomendaciones.

El sistema en su conjunto funciona muy bien, con inspecciones y certificaciones de índole nacional, reforzadas por la aplicación de una serie de estándares internacionales, como la normativa EASA en Europa o las auditorías de seguridad IOSA, promovidas por IATA. La difusión de los resultados de las investigaciones de accidentes e incidentes ayuda a evitar la repetición de los mismos.

3.4. SEGURIDAD

Los sistemas de transporte deben prever las posibles amenazas provenientes del exterior y disponer los medios necesarios para anticiparse a sus acciones y evitar sus efectos más perniciosos. En algunos modos, como el transporte terrestre, resulta casi imposible evitar el acceso de cualquier persona a la infraestructura del transporte o a los vehículos y, por consiguiente, la actuación preventiva debe centrarse en la identidad de los posibles agresores y sus equipos.

En el transporte aéreo, en cambio, la actuación básica es el sistema de control de acceso. Los perímetros aeroportuarios se protegen de tal manera que sólo personal identificado y autorizado puede trabajar en ellos y antes de pasar a la zona de embarque, tripulantes, pasajeros y carga son sometidos a un proceso de detección de armas o sustancias potencialmente peligrosas para el vuelo del avión.

Esta concepción del modo de transporte como un sistema cerrado tiene el problema de exigir controles de la misma calidad en todos los puntos de acceso pues, tan pronto una persona ha sido admitida en el sistema, puede desplazarse fácilmente por su interior, donde el control es mucho menos exhaustivo. OACI mantiene un sistema estadístico para registrar la evolución de los ataques sufridos por la aviación comercial (**Figura 7**) pudiendo apreciarse que el número de actos ilícitos registrados permanece casi constante en unos veinte al año, mientras que el número de fallecidos a consecuencia de estos actos ha venido incrementándose hasta el quinquenio 2006-2010, durante el que han bajado drásticamente.

Tras los atentados del 11 de septiembre de 2001 se han adoptado algunas medidas de seguridad adicionales en el interior del sistema, como el blindaje de la puerta de cabina de pilotos, pero hasta el momento no se han apreciado resultados que justifiquen un cambio del concepto original de sistema cerrado.

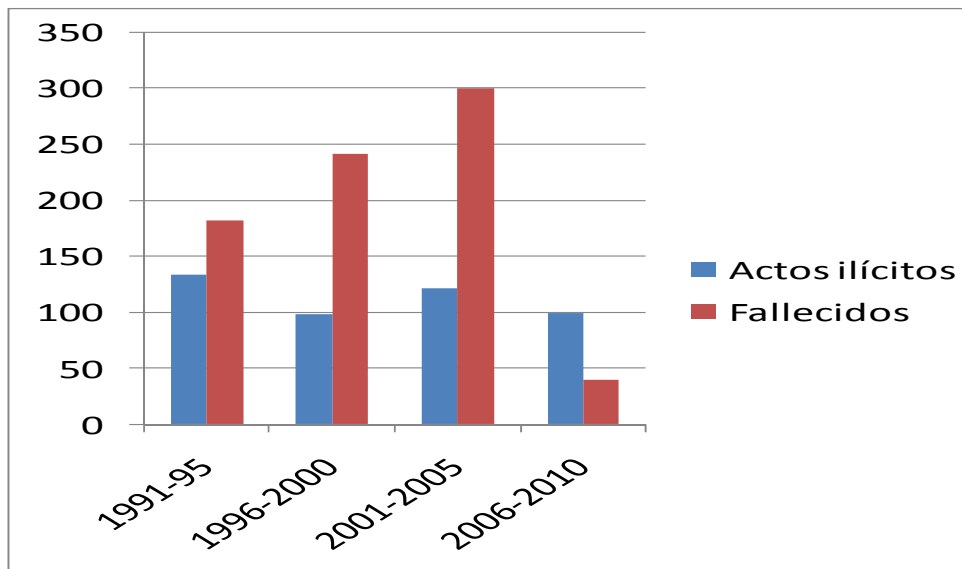


Figura 7. Evolución del número de actos ilícitos contra la aviación comercial.
(Fuente: Memorias de OACI)

3.5. MEDIO AMBIENTE

El transporte aéreo, como el resto de los modos de transporte, es un gran consumidor de energía y deja una considerable huella ambiental que, a diferencia de los otros modos, no solo tiene una afección

Benito – Desarrollo sostenible del transporte aéreo

directa a la superficie del planeta, sino que se extiende hasta los límites superiores de la troposfera, en donde permanecen en la mayor parte de su vuelo los modernos reactores comerciales.

Por su alcance los efectos ambientales del transporte aéreo pueden clasificarse en locales y globales. En el primer grupo se encuentran los aspectos relacionados con la zona aeroportuaria, como el ruido, el deterioro de la calidad de aire local, el uso de suelo y la correspondiente alteración del medio natural. En el segundo grupo figuran el empleo de materias primas no renovables, como el petróleo y algunos metales como el titanio, el uso del espacio requerido por la navegación aérea y el ancho de banda radioeléctrico para las comunicaciones y la aportación al cambio climático.

Los efectos locales suponen una traba considerable al desarrollo de la infraestructura necesaria, dificultando la construcción y explotación de nuevas instalaciones. Aun así, los requisitos de certificación acústica y de emisiones de gases contaminantes que aviones y motores deben cumplir para entrar en servicio [10], han reducido mucho el impacto ambiental local, de manera que el número de personas afectadas por el ruido alrededor de los aeropuertos sigue disminuyendo pese al aumento del tráfico aéreo, lo que no impide que los aeropuertos implanten sus programas de protección acústica, que pueden incluir una combinación de reducción de ruido en la fuente, mejora de procedimientos operativos, políticas de uso de suelo y restricciones operativas a los aviones más ruidosos a lo largo o en períodos de particular interés como la noche.

Los efectos globales son más difíciles de controlar, en especial la aportación del transporte aéreo al cambio climático, que tiene como elemento principal las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.

El CO₂ es un gas de efecto invernadero (colabora al calentamiento de la atmósfera) que se produce por la combustión del queroseno de aviación en razón de 3,16 kilogramos por cada kilogramo de queroseno consumido, siendo su producción directamente proporcional al consumo de combustible. Dado que la eficiencia energética del sistema de transporte aéreo mundial mejora en la actualidad a tasas anuales del 1,5 a 2% y el crecimiento del transporte aéreo se encuentra de media entre el 4 y el 5%, puede concluirse que cada año el peso del CO₂ arrojado por la aviación comercial aumenta entre el 2,5 y el 3% cada año.

Estas cifras en sí mismas no tienen que ser necesariamente incompatibles con la sostenibilidad, puesto que su efecto global depende de la actividad a la que esté ligado el transporte aéreo en cada caso, pero en un mundo en el que un gran número de sectores industriales están reduciendo en términos absolutos su huella de carbono, resulta cuando menos sorprendente que un sector tecnológicamente avanzado no pueda controlar sus emisiones de efecto invernadero. En estos momentos tales emisiones de la aviación suponen entre el 3,5 y el 4% de todo el efecto invernadero antropogénico (derivado de las actividades humanas).

Los planes del sector para mitigar estos efectos se basan en cuatro tipos de acciones, conocidos como “la teoría de los cuatro pilares”, incluyendo la mayor eficiencia de aviones y motores, la mejora de los procedimientos operativos, el desarrollo de las infraestructuras, tanto los aeropuertos como el servicio de ayudas a la navegación y los denominados instrumentos de mercado, de los que el más famoso es el sistema de comercio de emisiones, ya en funcionamiento en la Unión Europea.

En su última Asamblea de septiembre de 2013 OACI aprobó un programa encaminado a conseguir mantener una mejora en la eficiencia energética del transporte aéreo mundial no menor del 2% anual hasta el año 2020, que podría continuar posteriormente. El objetivo sería conseguir que el sector no aumente en términos absolutos sus emisiones de CO₂ a partir del año 2020. Para ello ha puesto en marcha la preparación de un esquema de certificación del nivel de emisiones de CO₂ de las nuevas aeronaves, que entrará en vigor previsiblemente a partir del citado año y solicitado la implantación de un mecanismo de mercado global que permita recaudar dinero para proyectos ambientales que conlleven la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. IATA ha señalado unos

objetivos similares a los de OACI y la Unión Europea ha respaldado la idea de no crecer en emisiones a partir del 2020.

Asumiendo que el crecimiento del tráfico se mantiene alrededor del 5% anual, resulta evidente la existencia de un desfase entre la evolución actual de las emisiones y las políticas de reducción, representado de manera gráfica en la **Figura 8**. Una plena aplicación de los cuatro elementos antes detallados llevarían a mejoras del orden de los objetivos antes señalados, dejando un hueco de un 2-3% anual de crecimiento global de emisiones. Para rellenar ese espacio, se llevan ya varios años explorando el empleo de biocombustibles, que puedan sustituir parcialmente al keroseno, emitiendo menores cantidades de gases de efecto invernadero.

La idea es destilar un producto de similares características al queroseno de aviación y que sea, por tanto, miscible con él, a partir de especies vegetales, generalmente con frutos oleaginosos. Las emisiones de quemar este producto serían similares a las de la combustión del queroseno, pero mientras que éste se encuentra ya existente en forma de crudo petrolífero, el bioqueroseno se ha obtenido con el cultivo de plantas que, a lo largo de su crecimiento han absorbido CO₂ para su función clorofílica. Esto haría que, medido en ciclo de vida completo desde el cultivo hasta el empleo final como combustible de aviación, el bioqueroseno tuviera un balance neto de emisiones de CO₂ comparativamente favorable con el derivado del crudo petrolífero.

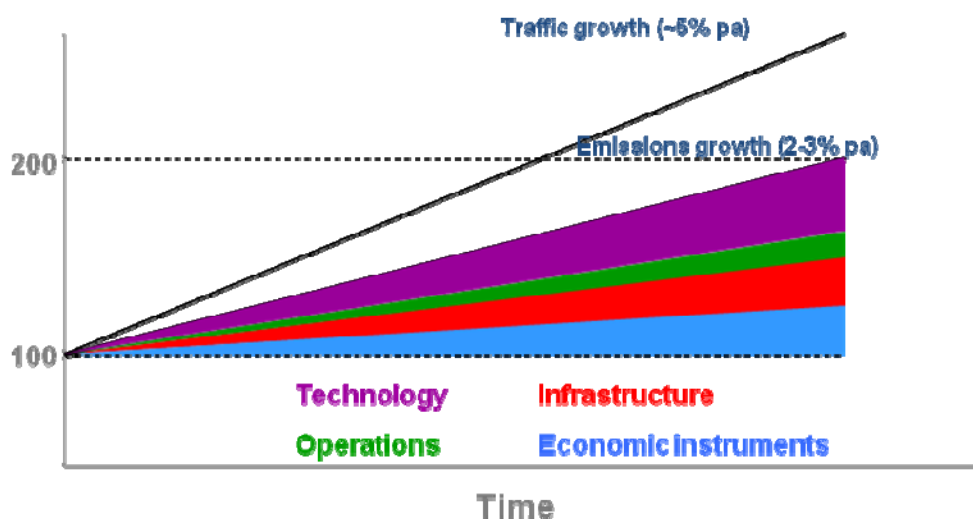


Figura 8. Diferencia a compensar con la introducción de los biocombustibles para obtener un crecimiento de tráfico sin aumento de la huella de carbono. (Fuente: OACI, Memoria de medio ambiente 2013)

La introducción de biocombustibles en aviación comercial se encuentra aún en una fase experimental, habiéndose efectuado un buen número de vuelos de prueba con mezcla de queroseno tradicional y bio, hasta una proporción del 50%, que es la certificada por las autoridades aeronáuticas en los motores actuales. Los resultados técnicos obtenidos han sido esperanzadores, sin ningún problema reseñable y existe ya una especificación preliminar de los límites de composición admisibles para esta clase de combustibles.

Las dificultades se presentan en el campo económico, puesto que el bioqueroseno es más caro que el queroseno convencional a los precios vigentes de crudo petrolífero, del orden de 110 USD el barril de *Brent*. Despejar la incógnita de si ulteriores subidas del precio del crudo y las disminuciones de costes inherentes a la producción en gran escala del bioqueroseno pueden equilibrar la balanza e inclinar a los consumidores a adoptar el nuevo producto, parece poco verosímil a corto plazo, por lo que serían necesarias políticas regulatorias y de incentivos por parte de las administraciones públicas para animarles a dar ese paso.

4. PERSPECTIVAS FUTURAS

En los próximos 10-20 años la situación general no parece vaya a cambiar de forma drástica. Todos los pronósticos económicos y de tráfico plantean escenarios de crecimiento mundial económico moderado (2,5 – 3% de media anual) y demanda de servicios aéreos creciente de manera superior a la de la economía (4,5% - 5%), con el turismo y los viajes familiares y de ocio aumentando más deprisa que los vuelos de negocios.

La aportación del transporte aéreo a la sostenibilidad del sistema seguirá creciendo en términos de accesibilidad física por el desarrollo de nuevas infraestructuras en países en desarrollo y el perfeccionamiento de las existentes en países avanzados, particularmente en el área de sistemas de navegación por satélite (GPS, GLONASS, Galileo). La accesibilidad económica seguirá desarrollándose con aumentos de productividad y mejora constante de precios.

Los sistemas de mejora de la accidentalidad y de la protección de ataques externos seguirán en la estructura hoy existente, incrementándose el empleo de inspecciones externas tipo IOSA y programas de colaboración técnica para disminuir las grandes diferencias existentes entre diferentes zonas del mundo.

En cuanto a medio ambiente, el foco de atención se concentrará en la mejora de la eficiencia energética del sistema y la reducción, por tanto, de las emisiones de CO₂, empujado también por la creciente importancia de los costes de combustible, que superan ya el 30% de los costes totales de las compañías aéreas.

5. CONCLUSIONES

El transporte aéreo es un importante elemento en cualquier política de desarrollo sostenible porque colabora en un gran mayor escala que número de actividades económicas y sociales que, a medio plazo deben funcionar bajo una óptica de sostenibilidad.

Todas las previsiones consultadas mantienen que en los próximos veinte años el transporte aéreo seguirá creciendo en mayor proporción que la economía y que, en consecuencia, aumentará su aporte a la actividad colectiva.

Todos los elementos de sostenibilidad del transporte aéreo (accesibilidades física y económica, accidentalidad, seguridad) parecen adecuadamente encaminadas y con perspectivas de mejora a escala mundial, salvo el impacto ambiental, que constituye el gran problema a resolver en un futuro a medio plazo.

Dentro de este capítulo, el impacto sobre el cambio climático, tanto el absoluto como el relativo al de otras actividades, debe seguir aumentando. Con las condiciones actuales es sumamente improbable que en el año 2020 esté disponible una cantidad de combustible alternativo suficiente para conseguir el resultado perseguido por OACI y IATA de mantener constante la huella de carbono de la aviación comercial a partir del año 2020.

La única alternativa posible sería la imposición de medidas que restringieran el crecimiento del sector, bien base de encarecer los pasajes por un impuesto directo sobre las emisiones de CO₂, o bien mediante la construcción de un sistema mundial de mecanismos de mercado que permitiera recaudar suficiente dinero para conseguir reducciones de emisiones en otros sectores en los que resulte más barato. El encarecimiento de los viajes reduciría a su vez la accesibilidad económica, restringiendo la aportación del transporte aéreo al desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- [1] Hubbert, M. K., “Nuclear energy and the fossil fuels” Proceedings of the Spring meeting of the Southern District, American Petroleum Institute, San Antonio (Texas, USA), March 7-9, 1956
- [2] Brundtland, G. H., “Nuestro futuro en común”, Naciones Unidas, Nueva York (USA), marzo 1987
- [3] Club de Roma, “Los límites del crecimiento”, Fondo de Cultura Económica, México D.F., 1972
- [4] Club de Roma, “2052 a global forecast for the next forty years”, Chelsea Green, White River Junction, Vermont (USA), 2012
- [5] Benito, A. y Benito, E., “Descubrir el transporte aéreo y el medio ambiente”, AENA, Madrid, 2012
- [6] Stern, N., “Stern review on the economics of climate change”, HM Treasury, London, 2006
- [7] Zahavi, Y y Talvitien, A., “Regularities in travel time and money expenditures” *Transportation Research Board* n° 750, January 1980, pp. 13-19
- [8] United Nations Economic Commission for Europe, “Transport sustainable development in the ECE region”, United Nations, New York (USA), 2011
- [9] Air Transport Action Group, “Aviation benefits beyond borders”, ATAG, Geneva, 2012
- [10] Organización de Aviación Civil Internacional, “Anexo 16 al Convenio de Chicago”, OACI, Montreal, 2013

CONCEPÇÃO SUSTENTÁVEL: O DESAFIO DOS NOVOS AEROPORTOS PRIVADOS BRASILEIROS

Carlos Alberto de Mattos Bento
Email: bento86333@terra.com.br

RESUMO:

Apesar de aeroportos serem equipamentos urbanos fundamentais ao desenvolvimento, é público que existem impactos decorrentes de sua implantação, proporcionais ao seu volume de operação. Como grandes geradores de recursos, estas infraestruturas consolidam-se como verdadeiras empresas, através da migração da gestão de uma área previamente governamental para um setor com características comerciais tipicamente privadas. Segundo a ICAO [8] a gestão privada tem levado os aeroportos a atingirem níveis elevados de operacionalidade e rentabilidade. No cenário brasileiro, a autorização de operação pública de um aeroporto privado foi regulamentada pelo Decreto nº 7.871 [5]. A partir deste momento, os aeroportos privados autorizados, poderiam ser operados como públicos e explorados comercialmente. A autorização condiciona à operação da Aviação Geral, mas não restringe sua internacionalização. A proposta do presente artigo baseia-se em revisão conceitual da sustentabilidade econômica da implantação e operação de um aeroporto privado autorizado para público no cenário brasileiro. Pretende-se, ainda, abordar esta análise de forma integrada as demandas do país nos contextos social e ambiental. Com esta abordagem, mostra-se que a viabilidade financeira de um aeroporto neste regime ampara-se com a associação a outros projetos e com uma integração plena com a região que o abriga.

ABSTRACT:

Although airports are important to the urban infrastructure and to the economic growing of a region, it is a public opinion that there are impacts of its implementation, proportional to its volume of operation. As a major provider of funds, these infrastructures are consolidated as real businesses companies, through migration of managing an area previously government for a sector with private characteristics. According to the ICAO [8] private management has led airports to achieve high levels of operational and profitability. In the Brazilian scenario, the authorization to a private airport be operated as a public is regulated by Brazilian Law No. 7871 [5]. From this moment, authorized private airports could be operated as a public, and exploited commercially. It is important to say that the authorization that we are talking about determines the operation of general aviation, but does not restrict its transformation to an international airport. The purpose of this article is based on a conceptual revision of the economic sustainability of the implementation and operation of a private airport authorized for public operations in the Brazilian scenario. It is intended to also address this analysis in an integrated manner involving social and environmental concerns. With this approach, it is clear that the financial viability of an airport in this scheme is supported by the association with other projects and with full integration with the neighboring region.

Palavras chave: aeroportos, privado, autorização, aviação geral, sustentabilidade

INTRODUÇÃO

A expressão “No plane no gain” [11] defendida pelas americanas NBAA – “National Business Aviation Association” e a GAMA – “General Aviation Manufacturers Association” busca expressar a importância e a necessidade da existência e do fomento da Aviação Geral (e executiva) no país que já possui a maior frota e fluxo de tráfego aéreo do mundo. O significado desta expressão é que a realização de negócios e a economia do país sustentam-se nas asas da Aviação Geral. Embora tal fato não seja totalmente verdadeiro, sabe-se que a importância deste segmento está baseada na sua capacidade de desdobramento no território de um país, que aliada à disponibilidade oferecida aos seus usuários tende a alavancar a economia.

Segundo dados da ABAG – Associação Brasileira de Aviação Geral [2], o Brasil possui 13.094 aeronaves de Aviação Geral (dados de 2011). No cenário da infraestrutura aeroportuária, segundo a ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil brasileira, temos cerca de 720 aeródromos públicos e cerca de 2690 aeródromos privados (dados atualizados de setembro de 2013).

Entretanto, o crescimento da aviação brasileira nos últimos anos impôs um grande desafio aos aeroportos brasileiros. Com seus principais aeroportos coordenados (com alocação de slots) e próximos aos seus limites de capacidade e operados pela administração pública, vislumbrou-se na iniciativa privada uma possibilidade de mudança positiva de cenário. Através de um choque de gestão decorrente da privatização dos aeroportos públicos mediante de um processo de concessão, havia o intuito de fomentar o investimento privado e buscar novas alternativas para o aumento da capacidade aeroportuária instalada.

Apesar do esforço das concessões aeroportuárias, a limitação legal imposta pela lei 7565 [4] para implantação de novos aeroportos para a aviação comercial mostrava-se um entrave, visto que a malha pública – concentrada principalmente nas grandes metrópoles – precisava de mais capacidade. A realização de alguns eventos de grande porte (Jornada Mundial da Juventude, Olimpíada Militar, Rio + 20) e a proximidade de outros (Copa do Mundo, e Olimpíada) com sede no Brasil, fez com que a manutenção da circulação em ordem com o aumento da demanda tivesse reflexo na operação da aviação geral, com poucos reflexos para a aviação comercial.

Resultado de antigos pleitos do setor aeronáutico, em dezembro de 2012 foi sancionado o decreto 7.871, que permite que aeródromos privados possam ser autorizados como públicos, e desta forma, permitindo que possam ser explorados comercialmente. Esta abertura legal cria, como consequência indireta, um fator de alívio importante para os aeroportos públicos que operam a aviação comercial: como a aviação geral e executiva não faz parte do “core business” do aeroporto, visto que tem poucos passageiros, pagam tarifas aeroportuárias menores e integradas [7], estes tendem a migrar suas operações para aeroportos executivos vocacionados, como ocorre em outros países do mundo.

Segundo Acserald [1] sob a ótica da sustentabilidade, o relatório “Brundtland” acolhido pela Organização das Nações Unidas na nonagésima sexta assembleia geral em 11 de dezembro de 1987 colocou em discussão diversas matrizes acerca do conceito sustentabilidade. Destacam-se as seguintes matrizes, citadas pelo autor e importantes no contexto do presente artigo:

- 1) **eficiência**, que prega a racionalidade na utilização de recursos;
- 2) **escala**, que propõem um limite quantitativo ao crescimento econômico e à pressão que ele exerce sobre os “recursos ambientais”;
- 3) **equidade**, que articula analiticamente princípios de justiça e ecologia;
- 4) **autossuficiência**, que prega a desvinculação de economias para assegurar a capacidade de autoregulação comunitária; e
- 5) **ética**, que inscreve a apropriação social do mundo material em um debate sobre os valores de bem e de mal, evidenciando as interações da base material do desenvolvimento com as condições de continuidade da vida no planeta.

Carlos Alberto Bento – Concepção Sustentável: O desafio dos novos aeroportos privados brasileiros

Expandindo-se as matrizes acima para os cenários econômico e social, pode-se perceber que fica clara a necessidade de um empreendimento, neste caso um aeroporto, ser sustentável em todas elas.

Constituindo-se como um negócio, o aeroporto privado tem diversos desafios a serem superados. A adequação e normas, a busca de viabilidade econômica e a criação de um mercado específico são alguns deles, mas basicamente, tem a obrigação de também serem sustentáveis sob a ótica ambiental e social – além da econômica. Esta é a proposta de abordagem do presente artigo.

O CENÁRIO REGULATÓRIO BRASILEIRO

A lei 7565 [4] define claramente as possibilidades de exploração da infraestrutura aeroportuária pública em seu artigo 36. Dentro do escopo da lei, restringe-se bastante a possibilidade de investimento privado no setor.

Um estudo realizado pela consultoria MacKinsey [10], a pedido do BNDES ilustrou um cenário de infraestrutura aeroportuária próxima a sua capacidade. Esta e outras análises fizeram com que a política de privatizações aeroportuárias do Governo ocorresse, considerando a necessidade urgente de investimentos no setor e considerando que somente o capital privado e um choque de gestão poderia se apresentar como uma solução eficaz e eficiente para o problema.

Ainda assim, havia outro problema a ser solucionado. A aviação geral ocupa lugar importante dentro do cenário aeronáutico e econômico brasileiro, e com as medidas adotadas para otimização da capacidade aeroportuária, esta normalmente é prejudicada. Proibições de operação em determinados aeroportos, em períodos de tempo, condicionamento de espaços aéreos, estabelecimento de coordenação de aeroportos (criação e slots) com base nos voos regulares, diminuíram consideravelmente a ocupação dos aeroportos públicos pela aviação geral. Em um país no qual praticamente 90% do fluxo de passageiros concentra-se em 20 aeroportos, buscar a descentralização dos voos para outros sítios mostra-se como uma alternativa prática e tangível.

Figura 1. Contexto da Aviação Geral Brasileira



Fonte: ABAG [2]

Carlos Alberto Bento – Concepção Sustentável: O desafio dos novos aeroportos privados brasileiros

Entretanto, em relação à infraestrutura aeroportuária, o Código Brasileiro de Aeronáutica [4] diz o seguinte (grifo nosso):

“Art. 25. Constitui infraestrutura aeronáutica o conjunto de órgãos, instalações ou estruturas terrestres de apoio à navegação aérea, para promover-lhe a segurança, regularidade e eficiência, compreendendo:

- I - o sistema aeroportuário** (artigos 26 a 46);
- II - o sistema de proteção ao voo (artigos 47 a 65);
- III - o sistema de segurança de voo (artigos 66 a 71);
- IV - o sistema de Registro Aeronáutico Brasileiro (artigos 72 a 85);
- V - o sistema de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos (artigos 86 a 93);
- VI - o sistema de facilitação, segurança e coordenação do transporte aéreo (artigos 94 a 96);
- VII - o sistema de formação e adestramento de pessoal destinado à navegação aérea e à infraestrutura aeronáutica (artigos 97 a 100);
- VIII - o sistema de indústria aeronáutica (artigo 101);
- IX - o sistema de serviços auxiliares (artigos 102 a 104);
- X - o sistema de coordenação da infraestrutura aeronáutica (artigo 105).

§ 1º A instalação e o funcionamento de quaisquer serviços de infraestrutura aeronáutica, dentro ou fora do aeródromo civil, dependerão sempre de autorização prévia de autoridade aeronáutica, que os fiscalizará, respeitadas as disposições legais que regulam as atividades de outros Ministérios ou órgãos estatais envolvidos na área.

§ 2º Para os efeitos deste artigo, sistema é o conjunto de órgãos e elementos relacionados entre si por finalidade específica, ou por interesse de coordenação, orientação técnica e normativa, não implicando em subordinação hierárquica.

Art. 26. O sistema aeroportuário é constituído pelo conjunto de aeródromos brasileiros, com todas as pistas de pouso, pistas de táxi, pátio de estacionamento de aeronave, terminal de carga aérea, terminal de passageiros e as respectivas facilidades.

Parágrafo único. São facilidades: o balizamento diurno e noturno; a iluminação do pátio; serviço contra incêndio especializado e o serviço de remoção de emergência médica; área de pré-embarque, climatização, ônibus, ponte de embarque, sistema de esteiras para despacho de bagagem, carrinhos para passageiros, pontes de desembarque, sistema de ascenso/descenso de passageiros por escadas rolantes, orientação por circuito fechado de televisão, sistema semiautomático anunciador de mensagem, sistema de som, sistema informativo de voo, climatização geral, locais destinados a serviços públicos, locais destinados a apoio comercial, serviço médico, serviço de salvamento aquático especializado e outras, cuja implantação seja autorizada ou determinada pela autoridade aeronáutica.

...

Art. 30. Nenhum aeródromo civil poderá ser utilizado sem estar devidamente cadastrado.

§ 1º Os aeródromos públicos e privados serão abertos ao tráfego através de processo, respectivamente, de homologação e registro.

§ 2º Os aeródromos privados só poderão ser utilizados com permissão de seu proprietário, vedada à exploração comercial.

Art. 36. Os aeródromos públicos serão construídos, mantidos e explorados:

- I - diretamente, pela União;
- II - por empresas especializadas da Administração Federal Indireta ou suas subsidiárias, vinculadas ao Ministério da Aeronáutica;
- III - mediante convênio com os Estados ou Municípios;
- IV - por concessão ou **autorização.**”

Carlos Alberto Bento – Concepção Sustentável: O desafio dos novos aeroportos privados brasileiros

Segundo a Secretaria de Aviação Civil da Presidência da República [13], o artigo 36 do Código Brasileiro de Aeronáutica, que trata dos aeródromos públicos, pode ser explicado da seguinte forma:

- “- Aeródromos explorados diretamente pela União – Aeródromos públicos administrados pelo Comando da Aeronáutica (COMAER);
- Aeródromos explorados por empresas especializadas da Administração Federal Indireta ou suas subsidiárias - Aeroportos administrados pela Infraero;
- Aeródromos explorados mediante convênio com os Estados ou Municípios – Aeródromos públicos delegados aos outros entes da federação;
- Aeródromos explorados por concessão – Aeroportos delegados à iniciativa privada por meio de leilão público;
- Aeródromos explorados por autorização – Aeródromos públicos administrados pela iniciativa privada, autorizado por meio de ato do poder público.”

Considerando a proibição acima descrita no Código Brasileiro de Aeronáutica e a necessidade de vocacionar “aeroportos” com a finalidade de atendimento às especificidades deste público específico (aviação geral), foi promulgado em 21 de dezembro de 2012 o decreto 7.871, que “dispõe sobre as condições de delegação da exploração de aeródromos civis públicos por meio de autorização.” [5]

Este decreto basicamente preencheu uma lacuna existente no atual Código Brasileiro de Aeronáutica com a descrição de como seria, de fato, realizado o processo de autorização, previsto no Artigo 36 da lei e até então sem utilização para a iniciativa privada.

Entretanto, em seu artigo segundo, o decreto 7.871 restringe o critério de autorização para aeroportos privados “destinados exclusivamente ao processamento de operações de serviços aéreos privados, de serviços aéreos especializados e de táxi-aéreo, conforme definições constantes da Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986”[5].

Conforme dito anteriormente, a aviação geral constitui-se como a maior parte da aviação civil brasileira, e a infraestrutura privada existente, em um cenário anterior ao decreto supramencionado, bastante significativa.

Torna-se importante salientar que, embora não houvesse o decreto, diversos aeródromos (inclusive helipontos) operavam de forma aberta para o público sem, contudo, poderem cobrar tarifas. Este modo de operação, em desacordo com a Lei 7565, fragilizava a existência da infraestrutura e diminuía a intenção de investimentos privados no setor. O esperado com a promulgação do decreto seria que ocorresse uma busca pela autorização e regularização dessas infraestruturas, bem como a criação de outras.

O Decreto 7.871 é basicamente uma lei completa, sem necessidade de complementação adicional para seu entendimento e aplicação. Com este decreto, investimentos privados poderiam ser direcionados para aeroportos privados – desde que atendessem ao previsto para a “autorização” – e restritos à aviação geral.

Os investimentos privados para aeroportos regulares – mesmo com a publicação do Decreto - mantem-se atrelados às concessões aeroportuárias.

No site da Secretaria de Aviação Civil [13], ainda tem-se informações contidas no decreto 7.871, de forma mais simplificada, com o intuito de explicitar o processo de autorização para futuros pretendentes:

- Exploração exclusiva ao processamento de operações de serviços aéreos privados, de serviços aéreos especializados e de táxi-aéreo;
- Execução por conta e risco do autorizatário;

Carlos Alberto Bento – Conceção Sustentável: O desafio dos novos aeroportos privados brasileiros

- O autorizatário responde diretamente por suas obrigações e pelos danos e prejuízos que causar ou para os quais vier a concorrer;
- Não há discriminação de usuários;
- Cumprimento às normas da ANAC e do Comando da Aeronáutica (COMAER);
- Não há priorização de tráfego para os aeroportos autorizados em relação à aviação regular e não-regular;
- Regime tarifário estabelecido pela ANAC, com valores livres e recolhimento de ATAERO – Adicional de Tarifa Aérea.

A fixação de um público alvo específico (aviação geral) em um ambiente extremamente regulado criou para os aeroportos autorizados um cenário de adequação normativa bastante superior ao da operação privada. Alguns itens considerados desejáveis da infraestrutura aeroportuária privada passam a ser de caráter obrigatório em relação à infraestrutura pública. Além disso, o recolhimento de tarifas aeroportuárias por parte do operador está sujeito ao adicional tarifário (ATAERO), o que aumenta consideravelmente o ônus para o usuário e diminuindo a margem de lucro das receitas tarifárias. Convém acrescentar ainda, que segundo a própria Secretaria, o regime tarifário será estabelecido pela ANAC.

Esta situação de diminuição de margem em relação às tarifas aeronáuticas ocorre porque em um aeroporto onde somente são processados voos de aviação geral, mesmo que vocacionado para aviação executiva, o número de movimentos de aeronaves e de passageiros é muito menor do que o de aeroportos que movimentam a aviação comercial.

Além disso, a responsabilidade do autorizatário é muito grande em relação à sua fatia de mercado, aumentando a insegurança dos investidores. Talvez esta insegurança seja a responsável pela pequena procura pelo processo de autorização.

Segundo publicado no sítio da rede mundial de computadores da Secretaria de Aviação Civil da Presidência da República (SAC PR), apenas cinco projetos (informações de outubro de 2013) encontram-se em aprovação no momento [13]. Deste total, três ainda não estão em operação (dois estão em projeto e um em construção), um tem destinação exclusiva para helicópteros e outro é de um aeródromo de pequeno porte. Sem sombra de dúvida, uma fatia pequena do mercado, sendo que quatro se encontram no Estado de São Paulo.

SOBRE A SUSTENTABILIDADE FINANCEIRA DOS AEROPORTOS AUTORIZADOS

Definitivamente, os aeroportos executivos (ou focados somente na aviação geral) tem um modelo de negócio bem diferente de aeroportos que operam a aviação regular.

Segundo Betancor e Rendero [3], as atividades aeroportuárias podem ser divididas em três grandes e distintos grupos:

- Operacional – Constituído de serviços operacionais essenciais e facilidades;
- Manuseio – Constituído de serviços de manuseio (handling);
- Comerciais - Atividades comerciais propriamente ditas.

Estas informações encontram-se consolidadas na Tabela 1.

Considerando a natureza dos serviços, podemos reagrupar os dois primeiros em um grupo único, por estarem relacionados diretamente com a atividade fim do aeroporto.

Assim, considera-se que os serviços operacionais essenciais e facilidades e os serviços de manuseio são definidas como receita aeronáutica. Por sua vez, as atividades comerciais definem-se como receita não aeronáutica.

Tabela 1. Atividades Aeroportuárias

ATIVIDADES AEROPORTUÁRIAS		
Serviços Aéreos ou Aeronáuticos		Serviços de Solo ou não-aeronáuticos
OPERACIONAL	MANUSEIO	COMERCIAL
Serviço de Controle de Tráfego Aéreo	Limpeza da aeronave	Duty free shops
Serviço de Meteorologia	Abastecimento de combustível, água e eletricidade	Outras lojas de varejo
Telecomunicações	Carregamento e descarregamento de bagagem e carga	Restaurantes e bares
Polícia e Segurança	Processamento de passageiros, bagagem e carga	Serviços de lazer
Serviços de ambulância, Contraincêndio e primeiros socorros		Acomodação em hotel
Manutenção da pista de pouso e decolagem, do pátio de estacionamento e da pista de táxi		Bancos
		Aluguel de carro e estacionamento
		Instalações de conferência e comunicações

Fonte: Betancor e Rendero [3]

Em aeroportos com operação regular, temos arrecadação de receitas tarifárias decorrente do pouso e permanência das aeronaves, bem como dos passageiros (através da tarifa de embarque e em certos casos, de conexão). Esta situação não ocorre nos aeroportos executivos. Dependentes de tarifas não-aeronáuticas, possuem baixa movimentação (ao serem comparados com aeroportos com aviação comercial) e as tarifas arrecadadas são menores do que para aeronaves comerciais, em média, decorrente do peso máximo de decolagem. No Brasil, a tarifa para aviação geral é unificada, não existindo a tarifa de embarque [7]. Ainda, segundo Betancor e Rendero [3], as receitas não aeronáuticas são dependentes do tamanho do aeroporto. Aeroportos maiores e com grande fluxo de passageiros, tendem a gerar mais receitas.

Segundo a McKinsey [10], conforme descrito no “Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil”, a INFRAERO, tinha, à época de realização do estudo, as receitas não aeroportuárias correspondiam apenas a 25% do total arrecadado. Segundo Betancor e Rendero, citando Doganis [6], espera-se que em aeroportos com mais de dez milhões de passageiros este valor atinja a marca de 50 a 60% do total. Esta métrica já pode ser observada nos aeroportos concessionados à iniciativa privada.

Como o dimensionamento das receitas não aeroportuárias está vinculado ao tamanho do aeroporto, o dimensionamento destas receitas irá variar caso a caso. Apesar disso, fica claro que este valor deverá ser acima da marca de 50% para fazer com que o negócio se sustente. Pode-se dizer que, em grande parte dos casos, caso haja baixa movimentação de aeronaves as tarifas serão insuficientes para custear a operação aeroportuária – mesmo que no regime de tarifa livre, que desta forma poderá ser subsidiada pelas receitas não-aeronáuticas. A situação de tarifa livre não pode ser praticada sem critério para evitar que a concorrência entre aeroportos semelhantes possa ser estabelecida. Esta situação aumenta a instabilidade do cenário para o investidor, pois ambas as receitas (aeronáuticas e não-aeronáuticas) são correspondentes em aeroportos vocacionados para a aviação geral, visto que poucos movimentos refletem baixa demanda pelos serviços comerciais relacionados.

Após tecer comentários sobre o cenário normativo e a sustentabilidade financeira de um aeroporto privado, tem-se a seguir seu posicionamento em uma região.

Carlos Alberto Bento – Concepção Sustentável: O desafio dos novos aeroportos privados brasileiros

SOBRE A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E SOCIAL

Conforme comentado inicialmente acerca do relatório Brundtland, a abordagem acerca da sustentabilidade ambiental e social será feita ao ser posicionado o “negócio aeroportuário” sobre as matrizes comentadas anteriormente.

Sem sombra de dúvida, um empreendimento aeroportuário sempre terá uma ocupação razoável de terreno na região na qual for implantado, seja pela alocação de sua infraestrutura, seja pela necessidade de proteção de áreas decorrentes de sua zona de proteção e requisitos de safety e security.

Desta maneira, como qualquer empreendimento deste vulto, carece da obrigatoriedade de realização de estudo de impacto que ampare a viabilidade ambiental de sua implantação, bem como mensure os impactos na região do entorno e de influência.

Considerando o exposto acima e partindo da premissa de ser necessária a viabilidade ambiental, social e econômica do empreendimento, passa-se a seguir, analisá-lo em cada uma das matrizes.

No contexto da “eficiência”, o aeroporto por si só tem finalidade própria e específica, podendo ser utilizado – em teoria – até o máximo de sua capacidade. Desta forma, quanto mais eficiente for a operação do aeroporto, melhor será como negócio. Além disso, sendo o transporte aéreo uma área específica, tecnológica e dinâmica, a eficiência e a eficácia dos processos faz a diferença como diferencial de mercado. No contexto da aviação executiva, a eficiência é a marca registrada, e aeroportos vocacionados, devem ter a mesma doutrina de operação.

Como matriz ambiental, a “escala” mostra-se como outro tópico interessante mostra-se para análise. Um dos assuntos ambientalmente mais analisados no contexto aeroportuário é o ruído aeronáutico. Com legislação específica e bastante conservadora, o ruído tem tido a característica de limitar as operações aeroportuárias, com o intuito de minimizar o incômodo de moradores e outras atividades incompatíveis com o ruído das aeronaves no entorno. Esta é uma aplicação clara da matriz de escala neste contexto, ao estabelecermos limites que permitam a operação do aeroporto e ao mesmo tempo permitam a sociedade no entorno ter condições de se estabelecer. Esta limitação tem a tendência de ser otimizada em função da melhoria do desempenho e do desenvolvimento dos motores, que encontram-se cada vez mais silenciosos.

Com relação à equidade, a implantação aeroportuária encontra um balanço interessante. Muitas das regras utilizadas na aviação são mais conservadoras que as utilizadas em outros contextos de atividades. Desta maneira, a ambientação do aeroporto tem condições plenas de encontrar condições ecologicamente corretas e que permitam, dentro da sua implantação, contrabalancear os impactos negativos com os positivos.

Encerrando a análise das matrizes sob a ótica aeroportuária, a autossuficiência traduz-se na expressão “Green airport”. A busca de opções sustentáveis e ambientalmente viáveis e corretas tem feito os aeroportos buscarem opções de iluminação diferenciadas, reuso da água, energia solar, veículos operacionais elétricos ou de baixa emissão (etanol), dentre outras. Além disso, dentro do contexto privado, existe a possibilidade de optar-se por materiais e empresas com opções ambientalmente corretas, contexto que dificilmente é atendido no serviço público em função da obrigatoriedade de licitações e outros processos administrativos de aquisição de materiais e serviços.

Isto posto, convém acrescentar que, conforme dito anteriormente, ao considerar que o negócio aeroportuário privado encontra sua viabilidade no aumento da receita não aeronáutica, tem-se no na população do entorno público consumidor e criador de novas potencialidades do empreendimento, que por si só tende a ser multiuso.

Carlos Alberto Bento – Concepção Sustentável: O desafio dos novos aeroportos privados brasileiros

CONCLUSÃO

Ao introduzir o trabalho realçando a importância da Aviação geral para a economia de um país, destacou-se a necessidade de infraestrutura adequada para suportar, de forma eficiente esta operação.

Dentro de um país com um contexto de infraestrutura aeroportuária privada considerável e grandes restrições para a operação da infraestrutura pública – por esta estar operando, em áreas de maior fluxo – próximo do limite de sua capacidade, tem-se como opção a vocação aeroportuária para a Aviação Geral, em aeroportos exclusivos para este fim.

Sob esta ótica e de aumento da capacidade dos aeroportos públicos, o Governo brasileiro publicou o decreto 7.871, que regulamentava o critério de autorização de aeródromos privados a operarem como se públicos fossem, tendo a prerrogativa da exploração comercial. Com esta regulamentação, o Brasil saiu de um cenário bastante restritivo à iniciativa privada no setor aeroportuário (fora as recentes concessões ocorridas) e permitia que novos projetos pudessem ser implantados.

Entretanto, ao serem analisadas as peculiaridades do cenário normativo, fica claro que ainda existem muitas dúvidas a serem sanadas, que permitam a diminuição da insegurança dos investidores privados, e permita um aumento da infraestrutura aeroportuária vocacionada para a Aviação Geral.

Em uma rápida análise, verificou-se que a sustentabilidade financeira de um aeroporto privado baseia-se, principalmente, nas receitas não aeronáuticas, considerando que a baixa movimentação de aeronaves (ao serem comparados a aeroportos com operação comercial) e pouco volume de passageiros diminuem a captação de receitas aeronáuticas.

Passando-se ao contexto ambiental e social, realizou-se análise sob a ótica de algumas matrizes colocadas no relatório Brundtland, o que evidenciou que a integração da sociedade (população e implantações do entorno) e as boas práticas ambientais devem ser premissas adotadas na implantação de novos aeroportos.

Devem ser apontados como temas para futuras discussões análises sobre o custo da operação aeroportuária brasileira, não abordada neste artigo e com características bastante impactantes para o negócio, além da avaliação do aeroporto privado dentro da proposta “Aerotropolis” [9] – definindo como seria o posicionamento de um aeroporto privado dentro destas características operacionais.

Como conclusão, infere-se que a operação aeroportuária privada é sustentável, mas apresenta – dentro do cenário brasileiro – um setor inexplorado e repleto de oportunidades, mas também bastante arriscado do ponto de vista econômico.

REFERÊNCIAS

- [1] Acserald, H., “Discursos da Sustentabilidade Urbana”, Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, No. 1, 1999
- [2] Associação Brasileira de Aviação Geral, Segundo Anuário Brasileiro de Aviação Geral, ABAG, São Paulo, 2013
- [3] Betancor, O.; Rendeiro, R., “Regulating privatized infrastructures and airport services”, Policy Research Working Paper, n. 2.180, Washington, DC: World Bank, 1999
- [4] Brasil, Presidência da República, Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, “Código Brasileiro de Aeronáutica.”
- [5] Brasil, Presidência da República, Decreto nº 7.871, de 21 de dezembro de 2012, que “dispõe sobre as condições de delegação da exploração de aeródromos civis públicos por meio de autorização.”
- [6] Doganis, R., “The Airport Business”, Routledge, London, 1992.

Carlos Alberto Bento – Concepção Sustentável: O desafio dos novos aeroportos privados brasileiros

- [7] Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO, “Tarifário/ Julho de 2013”, [Internet], acesso em 30/09/2013, disponível em: <http://www.infraero.gov.br/images/stories/Tarifas/2013/2407_2013/1_tarifario_port_2013_07.pdf>
- [8] International Civil Aviation Organization, “DOC 9562 - Airport Economics Manual”, Montreal, Canadá, 2006
- [9] Kasarda, J.D.; Lindsay, G., “Aerotropolis – The way we’ll live next”, Primeira Edição, FSG, New York, 2011.
- [10] McKinsey & Company, “Estudo de Setor de Transporte Aéreo do Brasil”, Primeira Edição, McKinsey & Company, Inc. do Brasil Consultoria Ltda, Rio de Janeiro, 2010
- [11] No Plan No Gain Organization, No Plane No Gain [Internet], acesso em 01/10/2013, disponível em: <<http://www.noplanenogain.org/>>
- [12] Pioner, H.; “Análise da experiência internacional em regulação de aeroportos”, IPEA, Brasília, 2009, p. 174-199
- [13] Secretaria de Aviação Civil – SAC, [Internet], acesso em 26/09/13, disponível em: <<http://www.aviacaocivil.gov.br/>>

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE OS MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE CAMPINAS-SP E O AEROPORTO INTERNACIONAL DE VIRACOPOS

J. Cappa

Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Campinas-SP, Brasil.

Email: josmarcappa@gmail.com

RESUMO

Com este artigo pretendeu-se analisar as ações dos 19 municípios da Região Metropolitana de Campinas-SP para atrair empresas diante do Aeroporto Internacional de Viracopos - Brasil. A partir do referencial teórico da Economia Regional foi utilizado o método analítico para examinar as relações econômicas entre Viracopos e os municípios da RMC. E o método objetivo serviu para analisar os planos diretores desses municípios, com intuito de compreender de que forma o aeroporto e os problemas regionais foram inseridos na dinâmica urbana de cada município. Ademais, recuperou-se a dinâmica da economia contemporânea, organizada em redes mundiais de inovação, produção e comercialização de mercadorias. Nessa economia, as empresas optam por municípios inseridos em regiões metropolitanas devido à maior oferta de bens, serviços e infraestruturas, especialmente transportes. Verificou-se que a maioria desses municípios pretende, isoladamente, aproveitar-se de Viracopos sem um Plano de Desenvolvimento Metropolitano que reordene a dinâmica urbana da RMC.

Palavras-chave: Políticas Públicas, Desenvolvimento Local e Regional, Transporte Aéreo e Aeroportos.

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MUNICIPALITIES OF CAMPINAS-SP REGION AND VIRACOPOS INTERNATIONAL AIRPORT

ABSTRACT

With this article aims at analyzing the actions of the 19 municipalities of the Campinas-SP Metropolitan Region to attract companies based of the Viracopos International Airport - Brazil. From the theoretical framework of Regional Economics, the analytical method was used to examine the economic relations between Viracopos and municipalities of the RMC. And the objective method was used to analyze the master plans of these municipalities, in order to understand how the airport and regional problems were inserted into the urban dynamics of each municipality. Moreover, recovered the dynamics of contemporary economics, organized in global networks of innovation, production and commercialization of goods. In this economy, companies opt for municipalities that are inserted into metropolitan regions due to greater offer of goods, services and infrastructure, especially transport. The text verified that a greater part of the municipalities try, isolatedly, to take to their individual advantage from the benefits of the Viracopos International Airport, without a Metropolitan Development Plan to reorder the urban dynamics of RMC.

Key Words: Public Policies, Regional and Local Development, Air Transport and Airports

INTRODUÇÃO

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

Na primeira parte desse estudo, o referencial teórico da Economia Regional foi utilizado para analisar a dinâmica da economia contemporânea e a inserção do Aeroporto de Viracopos na RMC.

Isto porque as grandes empresas atuam em redes de inovação, produção e comercialização de mercadorias no mercado mundial, e optam por municípios inseridos em regiões metropolitanas devido à maior capacidade de oferta de bens, serviços e o conjunto das infraestruturas (energia, água, transporte, entre outras).

Na segunda parte, procurou-se analisar as políticas públicas de prefeitos para gerar desenvolvimento aproveitando-se da proximidade com Viracopos. Para tanto, foi feita uma pesquisa empírica nos Planos Diretores dos 19 municípios que integram a RMC e visitas técnicas às respectivas secretarias de planejamento. E para analisar a importância estratégica de Viracopos para as empresas instaladas na Região de Campinas foram analisados dados empíricos de 2006 a 2010 sobre o fluxo de comércio exterior das empresas filiadas ao Centro das Indústrias do Estado de São Paulo Regional Campinas, doravante Ciesp – RC.

ECONOMIA DO SÉCULO XXI: REDES MUNDIAIS DE INOVAÇÃO, PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE MERCADORIAS

A economia contemporânea está organizada em redes de inovação, produção e comercialização de mercadorias entre países no comércio internacional. O conceito de redes serve para compreender a dinâmica de funcionamento da economia contemporânea em uma dimensão mundial, propiciada, especialmente, pelas telecomunicações e pela informática [1]. Ambas permitem, em tempo real, relações econômicas entre agentes no mercado mundial localizados em distâncias continentais ou nacionais e menos regionais ou locais.

As novas tecnologias supracitadas criaram condições para integrar a gestão de numerosas relações entre empresas e formar alianças estratégicas entre grandes grupos industriais, principalmente os oligopólios internacionais, por meio de fusões ou incorporações. Sem implicar absorção de empresas, possibilitaram redução de custos operacionais e de trâmites burocráticos e jurídicos no desenvolvimento de produtos e processos produtivos de mercadorias. Essa é a essência da dinâmica da economia em rede [2], que caracteriza a atuação dos oligopólios internacionais. Essa mesma dinâmica da economia moderna é compreendida pelo conceito de indústria global [3]; ou seja, aquela que tem atuação fragmentada no mercado mundial, com apoio das telecomunicações e da informática.

De todo modo, os oligopólios internacionais fazem alianças estratégicas por meio de acordos de cooperação relativos, principalmente ao desenvolvimento de inovações tecnológicas. As alianças estratégicas constituem verdadeiras redes que organizam as atividades econômicas através de relações contratuais entre seus membros pelo mercado mundial.

Os termos mercado mundial ou economia global não se referem ao espaço geográfico ou geopolítico. São utilizados no sentido de espaço como meio abstrato circunscrito pelas próprias relações econômicas. O mercado mundial pode ser caracterizado por dois fatores principais [2]. Primeiro, é que a fase da mundialização da economia contemporânea não abrange todos os processos econômicos do planeta. Embora seus efeitos alcancem todo o planeta como, por exemplo, os impactos ambientais, suas operações e estruturas econômicas reais dizem respeito somente aos segmentos econômicos, países e regiões que variam conforme suas posições particulares na divisão internacional do trabalho.

O segundo é que os oligopólios internacionais representam os principais agentes econômicos que atuam no mercado mundial porque constituem estruturas de oferta concentradas sobretudo para as indústrias de tecnologia complexa [2]. As maiores exceções são os setores onde as estruturas de oferta são ainda mais concentradas: é o caso dos lançamentos espaciais, aviões civis de longo curso ou

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

produtos especializados da indústria militar.

A atuação dos oligopólios internacionais alterou o sistema mundial de produção e de consumo do século XIX no qual os países ricos importavam insumos primários de países pobres e exportavam produtos industrializados desapareceu. Alguns países pobres se industrializaram e passaram a competir no mercado internacional, principalmente na segunda metade do século XX. Ao final desse período, boa parte da produção industrial havia se fragmentado em escala global.

NOVAS OPORTUNIDADES PARA GERAR DESENVOLVIMENTO LOCAL E REGIONAL

A dinâmica da economia contemporânea gerou novas competências relacionadas ao desenvolvimento socioeconômico das cidades e alterou o papel das instituições, especialmente quanto às relações entre os governos federal, estadual e municipal para atender novas demandas que necessitam de soluções cooperadas para problemas similares entre municípios integrantes de regiões metropolitanas ou conurbadas sobre as funções públicas de interesses comuns especificadas na Constituição Federal de 1988, como transporte, saneamento ambiental, habitação, saúde, educação e segurança.

Exigem uma cultura metropolitana baseada, principalmente, na solução de novas demandas por infraestrutura urbana e em gestões compartilhadas entre prefeitos, Estado e União, que estimule o planejamento de ações integradas na prestação de serviços públicos como, por exemplo, a maior necessidade de deslocamentos diários diante da nova dinâmica econômica e urbana, além de outras competências relacionadas ao desenvolvimento socioeconômico como a sustentabilidade ambiental. Inclusive porque, “(...) a responsabilidade pela gestão metropolitana compete, juridicamente, ao Estado Federado. Mas, no exercício dessa responsabilidade, ele [o Estado] depende da cooperação dos municípios, sempre que a decisão envolver ações na área de competência destes” [4].

Para as grandes empresas é preciso ampliar as relações com os poderes públicos, com intuito de eliminar obstáculos nas diferentes cadeias produtivas e intensificar o uso de infraestruturas de apoio às atividades econômicas, principalmente a de transportes diante da necessidade de reações rápidas e flexíveis no mercado mundial.

Constituem, desse modo, novas possibilidades para promover desenvolvimento socioeconômico local e regional. Como a produção das grandes empresas está fragmentada no mercado mundial, ganham importância municípios inseridos em regiões metropolitanas, devido à oferta de bens e serviços diversos entre espaços urbanos integrados pela conurbação. Isto porque para promover desenvolvimento no Século XXI é preciso ampliar a capacidade endógena de oferta do conjunto dos municípios de uma região, envolvendo comércio e serviços diversificados dos setores públicos e privados, mão de obra qualificada, centros de pesquisa e de ensino e as infraestruturas (transporte, energia, telecomunicações, saneamento ambiental, entre outras).

Nesse caso, a promoção do desenvolvimento local e regional ocorre a partir de políticas públicas que qualifiquem os recursos humanos, tecnológicos e de infraestruturas disponíveis, bem como pelo atendimento das demandas sociais para garantir qualidade de vida à população [5]. Torna-se mais importante valorizar recursos regionais disponíveis e eliminar obstáculos na cadeia produtiva do que compensar déficits por meio de disputas entre municípios com evasão fiscal e tributária sem contrapartidas efetivas quanto à geração de emprego e renda duradouros. Cria-se melhor oportunidade para internalizar processos produtivos e ampliar a geração de valores e técnicas nas cadeias produtivas, com efeitos multiplicadores no emprego, na renda e nos tributos. É uma forma de superar as políticas de desenvolvimento regional, introduzidas entre as décadas de 1950 e 1980, baseadas em programas de infraestruturas para organizar distritos industriais, como mencionado [6].

A valorização de recursos regionais e a eliminação de obstáculos nas diferentes cadeias produtivas necessitam de convergência de ações institucionais, entre os governos federal, estadual e municipal, para solucionar problemas comuns e valorizar os espaços local e regional (problemas comuns x escala

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

espacial). Estimula-se a articulação horizontal entre os atores institucionais de uma região (prefeitos e sociedade civil organizada) e sua integração a nível vertical com as instâncias políticas de decisões (estadual e federal), viabilizando planejamento regional de forma negociada e integrada.

Os novos papéis das cidades inseridas em regiões metropolitanas e a necessidade de gestões compartilhadas entre prefeitos, Estado e União para estimular a capacidade endógena de oferta do conjunto dos municípios de uma região e eliminar obstáculos na cadeia produtiva, gerou para o setor de logística industrial uma dimensão estratégica para as grandes empresas que atuam no mercado mundial por meio de redes e produção fragmentada.

A logística industrial representa um diferencial de competitividade sistêmica, e países ou regiões que não possuem infraestrutura de transporte adequada à dinâmica de reprodução da economia contemporânea contribuem para elevar custos operacionais na cadeia de suprimentos, limitando a extensão do mercado consumidor aos locais de produção [7]. E a disponibilidade de infraestrutura aeroportuária eficiente torna-se necessária para alcançar distintos mercados, com rapidez e segurança, e permitir a realização da produção e comercialização de mercadorias, com estoques mínimos orientados pela demanda, numa escala internacional, e não apenas local ou regional.

O setor de transporte aéreo e os centros aeroportuários vêm, portanto, ganhando relevância na reprodução da dinâmica da economia contemporânea, com impactos positivos para o país e para as economias regionais. Integram circuitos comerciais e processos produtivos, de diversas cadeias industriais e redes de inovação, que conectam fornecedores de insumos, usuários de tecnologias e clientes finais no comércio internacional.

Desse modo, os centros aeroportuários integram o desenvolvimento de cadeias produtivas que necessitam intercambiar mercadorias, insumos, máquinas, equipamentos, tecnologias, partes e componentes diversos. Ajudam a promover desenvolvimento nacional, regional e local, na medida em que atraem empresas e expandem atividades industriais, comerciais e de serviços, além da geração de tributos (federais, estaduais e municipais), emprego e renda, como sinaliza a literatura internacional [8, 9, 10, 11].

NOVOS DESAFIOS DE GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS NA RMC

Por meio da Constituição de 1967 foram editadas as Leis Complementares 14/1973 e 20/1974 que definiram regiões metropolitanas como áreas administrativas formadas entre os maiores municípios do país e entre aqueles conurbados entre si. Essas leis foram aplicadas às principais aglomerações urbanas existentes no país naquele período, criando-se as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Salvador, Curitiba, Porto Alegre, Recife, Fortaleza e Belém (Lei Complementar 14/1973) e a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Lei Complementar 20/1974).

A gestão compartilhada de interesse comum foi instituída pelo artigo 25, § 3º da Constituição de 1988. A Lei Maior determina que cabe aos Estados, mediante lei complementar, instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamentos de municípios limítrofes, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum e regular, conseqüentemente, sobre a forma de gestão e administração dos interesses metropolitanos.

O Estatuto da Cidade aponta a ação integrada dos municípios da região metropolitana (Lei 10.257/2001, artigos 4º, II e 45). As regiões metropolitanas são compostas por vários municípios, mantendo-se, porém, a autonomia municipal. Então, a região metropolitana representa um órgão de planejamento, dele derivando a execução de funções públicas de interesse comum [12].

Do ponto de vista jurídico, a constituição da RMC está fundamentada nos pressupostos acima por meio da Lei Complementar Estadual 870, de 19 de junho de 2000, sendo composta por 19 municípios: Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia,

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara D’oeste, Santo Antonio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo. Constituem uma estrutura econômica e social importante, na medida em que compõem um território de aproximadamente 3.700 km² onde vivem mais de 2,8 milhões de habitantes ou 1,46% do país e 6,8% do Estado de São Paulo, resultando em uma densidade demográfica de 630 habitantes por quilômetros quadrados. Constituiu um PIB estimado em US\$ 49 bilhões em 2009, o que representa 7,9% do PIB do Estado de São Paulo e 2,7% do PIB nacional.

A Lei Complementar 870 estabelece, também, a estrutura de gestão pública da RMC, conforme segue: I) no Conselho de Desenvolvimento Econômico; II) no Conselho Consultivo; III) na criação de uma agência de desenvolvimento; e IV) na constituição do Fundo de Desenvolvimento da RMC. O Conselho de Desenvolvimento Econômico tem caráter normativo e deliberativo. É composto por 19 prefeitos das cidades que integram a RMC e por 12 membros indicados pelo Poder Executivo do Estado; todos nomeados pelo Governador do Estado de São Paulo por meio do Decreto sem número de 29 de junho de 2001.

A Lei Complementar 870 assegura paridade de 50% entre os votos dos prefeitos e dos membros do Estado no Conselho de Desenvolvimento Econômico da RMC. Por isso, nas votações de qualquer matéria, pode-se ter as seguintes situações: I) os membros do Poder Executivo Estadual, que sempre votam em conjunto, fazem prevalecer a sua decisão se tiverem o apoio de apenas um prefeito de qualquer partido político; ou II) teremos empate, no caso dos prefeitos votarem juntos.

O Conselho Consultivo da RMC é composto por representantes dos Poderes Legislativo, Estadual e Municipal, escolhidos entre seus pares e representantes da sociedade civil organizada. Pode elaborar propostas para serem deliberadas pelo Conselho de Desenvolvimento, bem como propor a instituição de câmaras temáticas para discutir assuntos de interesse público e sugerir projetos para solucionar problemas comuns à própria região como, por exemplo, a Câmara Temática do Aeroporto Internacional de Viracopos.

A agência de desenvolvimento tem a função de integrar a organização, o planejamento e a execução das citadas funções públicas de interesse comum da RMC, sendo responsável ainda pela gestão do Fundo de Desenvolvimento da RMC, supervisionado por um Conselho de Orientação composto por seis membros: quatro do Conselho de Desenvolvimento e dois diretores da autarquia.

A RMC ainda está por ser consolidada do ponto de vista político e socioeconômico, inclusive porque a Lei Complementar 870, de 19/6/2000, que a criou, não contempla os novos papéis das grandes cidades em regiões conurbadas e interdependentes, diante das atuais demandas geradas pelas grandes empresas que atuam no comércio internacional por meio de uma produção fragmentada e dispersa entre países e blocos econômicos. Historicamente, a organização das metrópoles baseada na concepção corporativa, que tem no setor industrial e nas grandes cidades o centro polarizador e irradiador do desenvolvimento econômico, também não foi suficiente para resolver problemas semelhantes aos vividos hoje na RMC [13].

Trata-se de um processo complexo que exige articulação política suprapartidária e ações integradas entre prefeitos e o governo do Estado de São Paulo para viabilizar as melhores alternativas técnicas e políticas aos problemas comuns da metrópole, considerando-se as qualidades e as assimetrias de cada município. Essas soluções devem ser compartilhadas entre municípios e o Estado, admitindo-se que, embora cada município tenha seus principais problemas, alguns são comuns entre eles e podem ser solucionados por meio de ações integradas no âmbito da metrópole.

ANÁLISE DOS PLANOS DIRETORES DOS MUNICÍPIOS DA RMC

A Constituição Federal de 1988 (art. 182, §1º), o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/01, art. 41) e a

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

Constituição Estadual do Estado de São Paulo (art. 181, §1º) tornam o Plano Diretor obrigatório para os municípios integrantes de regiões metropolitanas. E o Estatuto da Cidade explicita a necessidade da aprovação desse documento para os municípios que: I) possuam mais de vinte mil habitantes; II) integrem regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; III) pretendam utilizar instrumentos urbanísticos (parcelamento ou edificação compulsórios; imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo e desapropriação com pagamento mediante títulos da dívida pública); IV) sejam integrantes de áreas de especial interesse turístico; e/ou V) estejam inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental regional ou nacional.

A partir disso, o campo de estudos da Economia Regional serviu para analisar os dados da pesquisa empírica sobre os planos diretores dos 19 municípios integrantes da RMC. O objetivo foi de verificar se as referidas leis de planejamento urbano foram compatibilizadas no planejamento local levando-se em consideração o contexto metropolitano. Orientaram também a visita técnica junto às secretarias de planejamento desses municípios para compreender como pretendem estabelecer relações econômicas com Viracopos, considerando seus impactos para a RMC.

A pesquisa empírica junto aos 19 municípios da RMC, sistematizada no Quadro 1, mostrou que Indaiatuba, Monte-Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara D'Oeste, Cosmópolis, Engenheiro Coelho e Holambra não incluíram a RMC e Viracopos em seus planos diretores, totalizando nove municípios. Oito municípios contemplaram apenas a RMC em seus planos diretores, sem, contudo, mencionarem Viracopos, como Americana, Artur Nogueira, Itatiba, Jaguariúna, Santo Antonio de Posse, Sumaré, Valinhos e Hortolândia. Apenas dois municípios (Campinas e Vinhedo) incluíram a RMC e Viracopos em seus planos diretores.

Com a visita técnica junto às secretarias de planejamento das 19 cidades da RMC, constatou-se que a maioria de seus municípios desenvolve projetos isolados para atrair empresas devido à proximidade com Viracopos. Monte Mor, que não incluiu a RMC e Viracopos em seu Plano Diretor, constituiu seu primeiro Distrito Industrial a 12 quilômetros de Viracopos. Trata-se do Loteamento Empresarial Bandeirantes, formado por 96 lotes de 2500m² cada um, que atraiu empresários do ABC Paulista, da Grande São Paulo e também de Campinas.

Indaiatuba, que também não incluiu a RMC e Viracopos em seu Plano Diretor, planeja construir um terminal intermodal regional para contêineres ao lado de Viracopos e do ramal férreo que permite acesso ao Porto de Santos. Trata-se de uma área de 1,2 milhão/m² declarados pela prefeitura como utilidade pública, além de conceder incentivos fiscais nas áreas situadas ao longo da Rodovia dos Bandeirantes, que permite acesso a Viracopos.

Valinhos, que incluiu apenas a RMC em seu Plano Diretor, pretende construir um centro logístico de distribuição de mercadorias no bairro Capivari, situado nas imediações da Rodovia dos Bandeirantes. Trata-se de uma área de 50 mil/m² onde serão construídos galpões para armazenagem, estocagem e distribuição de mercadorias diversas.

Hortolândia, que também incluiu apenas a RMC em seu Plano Diretor, tem oferecido incentivos fiscais e terraplenagem para atrair empresários na cidade, por meio do Programa de Incentivo Empresarial, anunciando que está a 14 km de Viracopos. As vantagens são isenção total para alvarás de funcionamento e impostos municipais (IPTU, ITBI e ISS), este último por dez anos.

Engenheiro Coelho e Nova Odessa, que também não fizeram menções sobre a RMC e Viracopos em seus planos diretores, criaram distritos industriais. Engenheiro Coelho desapropriou uma área de 60 mil m² para a construção de seu Distrito Industrial a um custo de R\$ 250 mil às margens da Rodovia Prof. Zeferino Vaz e foi escolhida pela proximidade com universidades e diversos centros de pesquisas.

O município de Nova Odessa criou o Loteamento Industrial fechado denominado Jardim Dona Esther

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

com lotes a partir de 1000 m². Oferece toda a infraestrutura urbana, além de IPTU reduzido e avenidas de 20 metros de largura, que facilitam o acesso ao centro da cidade e às rodovias que permitem acesso a Campinas e Viracopos.

Campinas, que incluiu a RMC em seu Plano Diretor de 2006 e considerou o entorno de Viracopos como Área de Influência Aeroportuária, pretende alavancar R\$ 20,6 bilhões na construção de um complexo comercial no entorno das estações do Trem de Alta Velocidade (TAV), no centro de Campinas e em Viracopos, com redes de hotéis, postos de armazenagem de cargas, shopping-centers, área residencial e setor logístico, envolvendo 23,6 milhões de m². Com esse projeto, a prefeitura indicou aos futuros construtores e operadores do TAV os locais onde poderão investir e qual o valor geral da venda dessas áreas.

A Prefeitura de Americana fez referencia apenas à RMC, mas acredita que o crescimento do transporte aéreo, de mercadorias e pessoas, em Viracopos pode gerar demanda derivada para os aeroportos regionais. Pretende criar um polo de empresas aeronáuticas e oferecer uma alternativa na região para pousos e decolagens de pequenas aeronaves. O governo pretende expandir a área que hoje é de 214 mil metros quadrados para 260 mil metros quadrados. A pista deverá passar de 1.100 metros de comprimento e 18 metros de largura para 1.350 de comprimento e 30 metros de largura. O aeroporto recebe 900 voos mensais da aviação geral, sendo táxi aéreo, aviação executiva, aviação militar, helicópteros. Atende também a montadora de aeronaves Flyer, que utiliza esse aeroporto para finalizar a produção de aviões de até 4 lugares e para manutenção de aeronaves.

As ações isoladas de prefeitos da RMC para aproveitarem os benefícios da ampliação de Viracopos expressam o paradoxo da Constituição Federal de 1988, que promoveu a descentralização administrativa por meio da maior autonomia dos municípios, mas não equacionou a forma de gestão pública entre regiões metropolitanas e aglomerações urbanas. Delegou para Estados e municípios a gestão de problemas comuns sem, contudo, assegurar a participação da União.

Motivo pelo qual, a pesquisa junto aos planos diretores dos municípios da RMC e a visita técnica às respectivas secretarias de planejamento mostraram que, de forma espontânea, não teremos ações integradas na promoção do desenvolvimento econômico regional, como forma de eliminar obstáculos nas cadeias produtivas e internalizar habilidades técnicas desenvolvidas pelas grandes empresas por meio de redes de produção no mercado mundial.

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

Quadro 1 – Planos diretores municipais e as relações com a Região Metropolitana de Campinas e Viracopos

Município	População	Referência à RMC	Referência a Viracopos	Município	População	Referência à RMC	Referência a Viracopos
Americana	207.988	SIM	NÃO	Campinas	1.083.642	SIM	SIM
DL 4.597/2008 - Art. 8º A integração regional se realiza pela incorporação, nos planos programas e projetos municipais das diretrizes, consultivas ou deliberativas, de caráter intermunicipal ou metropolitano, envolvendo os interesses de Americana.				PD LC 15/2006 - Art. 2º - São objetivos da política de desenvolvimento do Município: (...) IX – planejamento articulado com as demais cidades da RMC, contribuindo para a gestão integrada e a sustentabilidade ambiental da região.			
Artur Nogueira	44.059	SIM	NÃO	Referência a Viracopos			
PD LC 441/2007 - Art. 11. São diretrizes da Política de Desenvolvimento Econômico e Social: (...) XIII. Orientar as ações econômicas municipais a partir de uma articulação metropolitana para a mediação e resolução dos problemas de natureza supra municipal.				Art. 21 - (...) VII – MACROZONA 7 – Área de Influência da Operação Aeroportuária, localizada ao sul do Município, representa área onde se destaca a presença estruturadora do Aeroporto Internacional de Viracopos, que representa grande barreira física e condiciona as atividades e a ocupação da região.			
Indaiatuba	193.081	NÃO	NÃO	Valinhos	105.728	SIM	NÃO
PD Lei 4.067/2001				PD Lei 3.841/2004 - Artigo 13 – (...) I - definir uma Política de Atração de Investimentos para o Município, integrada à Política de Desenvolvimento da RMC, que leve em conta as potencialidades locais e regionais, e que viabilize a expansão das atividades da Indústria, Comércio, Serviços e Agricultura.			
Itatiba	100.678	SIM	NÃO	Vinhedo	62.387	SIM	SIM
PD LC 3.759/2004 - Art. 2º. (...) VII - a busca da compatibilização do desenvolvimento local com o dos municípios vizinhos, visando à efetiva integração com a RMC.				PD LC 66/2007 = Art. 1º Parágrafo único. Serão considerados como ordenadores regulares da política de desenvolvimento urbano e instrumentos de planejamento: (...) X - Planejamento da RMC.			
Jaguariúna	40.787	SIM	NÃO	Referência a Viracopos			
PD LC 96/2004 - Art. 3º - O Plano Diretor do Município de Jaguariúna tem como objetivos: (...) VII - fortalecer a posição do Município como pólo da RMC				Art. 41. A Zona de Ocupação Controlada corresponde a área situada entre a Rodovia Miguel Melhado Campos e o Rio Capivari, caracterizando-se por uma ocupação prioritariamente no trecho lindeiro à Rodovia Anhanguera e ao Bairro da Capela, por galpões industriais, com trechos preservados junto ao Rio Capivari, cuja pressão de ocupação se dá em virtude da acessibilidade facilitada ao Aeroporto de Viracopos.			
Monte Mor	47.661	NÃO	NÃO	Santa B. D'oeste	190.769	NÃO	NÃO
PD Não disponível				Santo A.de Posse	22.425	SIM	NÃO
Nova Odessa	47.893	NÃO	NÃO	PD LC 17/2006 - Artigo 4º - É objeto do plano diretor visualizar e direcionar: (...) XIII – o planejamento e a estrutura local: industrial, turístico e ambiental, integrados com os municípios vizinhos, e a RMC.			
PD Lei Complementar 10/2006				Cosmópolis	57.957	NÃO	NÃO
Paulínia	82.392	NÃO	NÃO	Eng. Coelho	14.282	NÃO	NÃO
PD Lei 2.852/2006				Holambra	10.017	NÃO	NÃO
Pedreira	41.955	NÃO	NÃO	LC nº 183/2007			
PD Lei 442/2009							
Sumaré	239.314	SIM	NÃO				
PD Lei 4.240/2006 - Art. 166 - O Município de Sumaré no que couber, compatibilizará seus planos e programas às diretrizes do planejamento da RMC							
Hortolândia	205.391	SIM	NÃO				
Lei nº 2.092/2008							
Art. 105. A gestão do Plano Diretor participativo de Hortolândia e a implantação de um processo de planejamento permanente deverá considerar: (...) II - Estabelecimento de práticas de planejamento e intervenção conjunta com os municípios da RMC na busca de soluções para problemas comuns ou no desenvolvimento de potencialidades socioeconômicas e ambientais.							

PD = Plano Diretor ; DL = Decreto Lei ; LC = Lei Complementar

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

Trata-se de outra contradição porque na Região de Campinas estão localizadas filiais de empresas transnacionais que utilizam Viracopos como infraestrutura de logística industrial para complementar suas atividades econômicas como, por exemplo, Robert Bosch, IBM, Toyota, Valeo, Gevisa, Honda, Motorola, Tetra Pak, Rhodia, Eaton, Texas Instrumentos, 3M, Magnetti Marelli, Lucent Technologies, Unilever e Pirelli.

Para compreender as relações econômicas dessas empresas com Viracopos, foram analisados dados empíricos de 2006 a 2010 sobre o fluxo de comércio exterior das empresas filiadas ao Ciesp-RC. Apesar do curto período da série estatística (2006-2010), e da crise econômica internacional de 2008, a persistência de déficits comerciais em quase todos os anos disponíveis representa um indicador qualitativo que sinaliza a utilização de Viracopos como logística industrial para as empresas filiadas ao Ciesp RC (Tabela 1).

Motivo pelo qual, observa-se, pela Tabela 2, que as empresas filiadas ao Ciesp RC apresentaram superávits comerciais apenas em 2005 e 2006, respectivamente, de R\$ 66,8 milhões e R\$ 107,8 milhões. Nos demais anos houve déficits comerciais médios de R\$ 250 milhões. Os setores tradicionais como metalúrgico, papel, celulose e papelão e vestuário registraram superávits comerciais na maioria dos anos entre 2004 e 2010, conforme segue: I) metalúrgico e papel, celulose e papelão registraram déficits comerciais somente em 2007; e II) o setor vestuário registrou superávits comerciais em todos os anos disponíveis. Em geral porque os países desenvolvidos optam por importar produtos e matérias primas poluentes ou de baixo conteúdo tecnológico de países subdesenvolvidos, devido, inclusive, às maiores exigências ambientais em seus países.

Os demais setores econômicos registraram sucessivos déficits comerciais entre 2004 e 2010. O setor elétrico, eletrônico e comunicação registrou déficit médio de US\$ 700 milhões, e superávit somente em 2007; químico com déficits médios de US\$ 200 milhões; veterinário com déficits médios de US\$ 22 milhões. Os setores compostos pelo item “outros” mantiveram um déficit médio de US\$ 50 milhões, puxados pelos setores farmacêutico e de borracha. Todos esses setores necessitam importar matérias primas e insumos diversos compostos por conteúdos tecnológicos não disponíveis no país pelas razões analisadas.

A ampliação de Viracopos, ao invés de desencadear ações isoladas de prefeitos da RMC, como detalhado, poderia servir como estímulo para a implementação de políticas públicas que elevassem a capacidade endógena, local e regional, de oferta de bens e serviços nas diferentes cadeias produtivas de setores econômicos presentes na Região de Campinas, como sinaliza a análise da evolução da balança comercial das empresas filiadas ao Ciesp RC.

O intuito é de ampliar exportações e reduzir importações para gerar superávits comerciais ou, pelo menos, reduzir os déficits registrados pela atuação das empresas filiadas ao Ciesp RC. Desse modo, é possível gerar maiores efeitos multiplicadores do emprego, da renda e dos tributos na Região de Campinas, como forma de integrar os espaços local e regional por meio da convergência de ações entre os poderes municipais, estadual e nacional.

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

Tabela 1 – Balança comercial das empresas filiadas ao Ciesp – Regional Campinas (milhões US\$)

2006					2007						2008					
Período	Exportação	Importação	Saldo	Comércio	Exportação	Δ%	Importação	Δ%	Saldo	Comércio	Exportação	Δ%	Importação	Δ%	Saldo	Comércio
Brasil	137.807	91.351	46.456	229.158	160.649	14%	120.610	24%	40.039	281.259	197.951	19%	173.174	30%	24.777	371.125
São Paulo	45.935	37.056	8.879	82.991	51.731	5%	48.406	23%	3.325	100.137	57.695	10%	66.344	27%	-8.649	124.039
Campinas	3.963	3.855	108	7.818	3.873	-2%	4.148	7%	-275	8.021	4.256	9%	4.502	8%	-246	8.758

2009							2010					
Período	Exportação	Δ%	Importação	Δ%	Saldo	Comércio	Exportação	Δ%	Importação	Δ%	Saldo	Comércio
Brasil	152.995	-23%	127.603	-26%	25.392	280.598	201.915	24,00%	181.649	30,00%	20.266	383.564
São Paulo	42.459	-26%	50.476	-24%	-8.017	92.935	52.293	19,00%	67.775	25,50%	-15.482	120.068
Campinas	2.176	-52%	2.441	-46%	-265	4.617	2.864	24,00%	2.973	18,00%	-109	5.837

*Dados das principais empresas importadores e exportadores de Campinas.

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

A síntese das políticas públicas que elevem a capacidade endógena, local e regional, de oferta de bens e serviços diversificados pode ser elaborada por um Plano de Desenvolvimento Metropolitano (PDM). Por meio do PDM é possível abordar a ampliação de Viracopos a partir de uma visão sistêmica do setor de transporte como infraestrutura de logística industrial integrada à atuação das empresas no mercado mundial. Ou seja, tratar o setor de transporte como atividade econômica que agrega valor às mercadorias, ao responder pelo estoque mínimo em trânsito no mercado mundial. Desse modo, induz o desenvolvimento regional, reduz parte do custo operacional das empresas que passam a operar com estoques reduzidos e acelera a circulação de mercadorias no mercado mundial para completar a rede de produção, comercialização e inovação comandada pelas empresas transnacionais.

Ademais, por meio do PDM é possível reordenar a dinâmica urbana e a geração de atividades econômicas dos municípios envolvidos para evitar deseconomias de aglomeração geradas pelo fluxo de passageiros e de mercadorias em Viracopos, como perdas de qualidade de vida e impactos negativos na atração de investimentos produtivos para as empresas que utilizam o transporte aéreo como parte de seus processos produtivos e de comercialização de mercadorias no mercado mundial.

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

Tabela 2 – Balança comercial das empresas filiadas ao Ciesp – RC por setores econômicos (valores em milhões US\$)

Milhões US\$	2004			2005			2006			2007			2008			2009			2010		
	Exp.	Imp.	Saldo	Exp.	Imp.	Saldo	Exp.	Imp.	Saldo	Exp.	Imp.	Saldo	Exp.	Imp.	Saldo	Exp.	Imp.	Saldo	Exp.	Imp.	Saldo
Metalúrgico	1.077,3	655,0	422,3	1.794,5	1.175,8	618,7	2.013,5	1.121,2	892,3	1.900,6	2.211,9	(311,2)	2.257,5	1.617,5	640,1	929,1	762,7	166,4	1.599,3	1.386,5	212,8
Elétrico / Eletrônico / Comunicação	529,4	1.346,3	(816,8)	1.185,8	1.733,6	(547,8)	1.590,5	2.262,6	(672,1)	1.342,7	1.249,0	93,7	1.387,4	2.236,2	(848,9)	623,1	1.082,4	(459,3)	340,5	945,7	(605,2)
Papel / Celulose / Papelo	105,2	2,4	102,8	135,4	3,8	131,6	121,8	14,5	107,3	203,1	398,9	(195,8)	325,1	9,8	315,3	388,7	8,8	379,9	597,0	5,0	592,0
Químico	137,1	233,8	(96,7)	124,2	242,8	(118,6)	119,8	309,5	(189,8)	195,9	116,0	79,9	138,9	419,2	(280,2)	93,0	388,5	(295,5)	117,8	409,5	(291,7)
Veterinário	10,5	32,6	(22,1)	21,9	44,0	(22,1)	31,2	52,1	(21,0)	132,9	71,1	61,8	60,3	87,6	(27,3)	59,1	84,8	(25,7)	139,2	100,1	39,1
Outros¹	101,6	45,8	55,8	66,9	62,6	4,3	83,0	93,7	(10,7)	95,9	102,2	(6,3)	91,7	136,6	(44,9)	68,2	133,0	(64,7)	70,1	95,7	(25,6)
Vestuário	1,5	0,8	0,6	1,5	0,9	0,7	3,4	1,7	1,7	2,0	0,3	1,7	0,9	0,6	0,3	0,8	0,3	0,6	309,1	301,3	7,8
Total	1.962,6	2.316,7	(354,1)	3.330,3	3.263,5	66,8	3.963,2	3.855,4	107,8	3.873,1	4.149,3	(276,2)	4.261,9	4.507,6	(245,6)	2.162,1	2.460,4	(298,4)	3.173,0	3.243,8	(70,8)

Outros = Borracha, Mecânica, Produtos de Minerais (Cerâmica), Alimentos, Farmacêutico, Têxtil.

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

CONCLUSÕES

Nesse estudo procurou-se fundamentar a tese de que é preciso instituir um Plano Metropolitano na RMC, com base em discussão teórica da Economia Urbana e do Direito Administrativo e com pesquisa empírica sobre as ações, isoladas, dos prefeitos de municípios nessa região. Foi importante também a análise do fluxo de mercadorias no comércio exterior de empresas filiadas ao Ciesp – RC para revelar as atuais relações econômicas com o aeroporto de Viracopos.

Com o Plano de Desenvolvimento Metropolitano é possível integrar projetos estratégicos de desenvolvimento na RMC, a partir de Viracopos como novo indutor do desenvolvimento no século XXI e das características da economia contemporânea organizada em redes de inovação, produção e comercialização de mercadorias no mercado mundial. É preciso constituir uma visão sistêmica do transporte como atividade econômica que agregue valor às mercadorias e induza o desenvolvimento regional, amenizando-se futuros problemas com deseconomias de aglomeração e impactos ambientais gerados pelo aumento significativo dos fluxos de mercadorias e circulação de pessoas na RMC.

REFERÊNCIAS

- [1] CHESNAIS, F. “A mundialização do capital”. São Paulo: Xamã, 1996.
- [2] CASTELLS, M. “A sociedade em rede”. São Paulo: Paz e Terra, 1999, pp. 120-123.
- [3] PORTER, M. “Competition in global industries”. Boston: Harvard Business School Press, 1986.
- [4] CADAVAL, M. ; GOMIDE, A. Mobilidade urbana em regiões metropolitanas. In: FONSECA, R. ; DAVANZO, Á. ; NEGREIROS, R. “Livro verde: desafios para a gestão da Região Metropolitana de Campinas”. Campinas: Unicamp-IE, 2002, pp.185.
- [5] CAPPA, J. A ampliação do Aeroporto Internacional de Viracopos como estratégia de desenvolvimento local para Campinas. Anais do I SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO LOCAL NA INTEGRAÇÃO: ESTRATÉGIAS, INSTITUIÇÕES E POLÍTICAS.” Rio Claro – SP, UNESP, 2004.
- [6] JACCOUD, L. Experiências internacionais em política regional: o caso da França. “*Texto para discussão*”, n. 815, ago, 2001.
- [7] MEYER-STAMER, J. The hexagon of local economic development. “*Mesopartner working paper 03/04*”. Berlin Mesopartner, 2005. Disponível em: http://www.mesopartner.com/publications/mp-wp3_Hexagon.pdf. Acesso em: 20 dez. 2008.
- [8] AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. “The economic impact of U.S. Airports”. Canadá: ACI, 2002.
- [9] MEMPHIS-SHELBY COUNTRY AIRPORT AUTHORITY. “The economic impact of Memphis International Airport”. Memphis: Center for Manpower Studies The University of Memphis, 2005.
- [10] BUTTON, K. ; YUAN, J. ; DOH, S. The role of small airports on economic development: a case study. Anais do VIII SBTA / II RIDITA. São Paulo: SBTA, 2009.
- [11] TEMER, M. “Elementos de direito constitucional”. São Paulo: Malheiros, 2000, pp.113.
- [12] ROCHEFORT, M. “Rede e sistemas: ensinando sobre o urbano e a região”. São Paulo:

Cappa – Análise das relações entre os municípios da Região de Campinas-SP e o Aeroporto Internacional de Viracopos

Hucitec, 1998.

METODOLOGIA PARA DETERMINAR LA CLAVE DE REFERENCIA DE UN AERÓDROMO EXISTENTE SEGÚN SU DISEÑO GEOMETRICO.

D. Carasay^a, S. Pitrelli^a, A.Di Bernardi^a, P. Marino^a, A. Pesarini^a

^aGrupo Transporte Aéreo – UID “GTA-GIAI”, Departamento Aeronáutica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
e.mail: david.carasay@gmail.com

RESUMEN:

La Clave de Referencia de un Aeródromo (CRA) es un parámetro que define la normativa OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) que se utiliza para planificar y diseñar, entre otras, aspectos geométricos a considerar en algunas de las infraestructuras que componen la Parte Aeronáutica de un aeródromo (pistas, calles de rodaje, plataformas y zonas asociadas a las mismas).

Para su determinación, la normativa establece un claro procedimiento cuando se trata de un aeropuerto nuevo. Sin embargo, en el caso de un aeropuerto existente, el cual puede tener una CR asociada o puede carecer de ella, la normativa OACI no establece ningún tipo de procedimiento.

A raíz de ello es importante disponer de un procedimiento complementario a las especificaciones de la OACI, que sirva para determinar la Clave de Referencia asociada a cada infraestructura y, por un principio de superposición determinar la CRA.

Otro aspecto importante a considerar, desde el punto de vista de la utilidad de la Clave de Referencia asociada a cada infraestructura, es la determinación de la situación actual de las mismas frente a las especificaciones que establece la normativa vigente. En otras palabras es un elemento indispensable para analizar resultados de auditorías e inclusive en procesos de certificación de aeródromos.

Es por ello que se presenta una metodología como una posible herramienta, cuyos resultados y conclusiones se relaciona puntualmente con la determinación de la clave de referencia de un aeródromo existente según su diseño geométrico y, como consecuencia de ello, la potencial mezcla de tráfico que podría operar sin ningún tipo de restricciones.

RESUMEN:

La Clave de Referencia de un Aeródromo (CRA) es un parámetro que define la normativa OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) que se utiliza para planificar y diseñar, entre otras, aspectos geométricos a considerar en algunas de las infraestructuras que componen la Parte Aeronáutica de un aeródromo (pistas, calles de rodaje, plataformas y zonas asociadas a las mismas).

Para su determinación, la normativa establece un claro procedimiento cuando se trata de un aeropuerto nuevo. Sin embargo, en el caso de un aeropuerto existente, el cual puede tener una CR asociada o puede carecer de ella, la normativa OACI no establece ningún tipo de procedimiento.

A raíz de ello es importante disponer de un procedimiento complementario a las especificaciones de la OACI, que sirva para determinar la Clave de Referencia asociada a cada infraestructura y, por un principio de superposición determinar la CRA.

Otro aspecto importante a considerar, desde el punto de vista de la utilidad de la Clave de Referencia asociada a cada infraestructura, es la determinación de la situación actual de las mismas frente a las especificaciones que establece la normativa vigente. En otras palabras es un elemento indispensable para analizar resultados de auditorías e inclusive en procesos de certificación de aeródromos.

Es por ello que se presenta una metodología como una posible herramienta, cuyos resultados y conclusiones se relaciona puntualmente con la determinación de la clave de referencia de un aeródromo existente según su diseño geométrico y, como consecuencia de ello, la potencial mezcla de tráfico que podría operar sin ningún tipo de restricciones.

Palabras clave: Aeródromo, Clave de Referencia, Planificación, Diseño.

INTRODUCCIÓN.

La Organización Internacional de la Aviación Civil (OACI), especifica los requisitos (aplicación, emplazamiento, características, entre otros) que debe reunir cada uno de los elementos constitutivos del sistema aeroportuario, muchos de los cuales son función de la clave de referencia (CR), es decir, una serie de infraestructuras, instalaciones, equipamiento y servicios asociados, necesarios para mantener operaciones estables, regulares, eficientes, seguras y en armonía con el medio ambiente.

El equipo de planificación, proyecto y/o diseño, puede encontrarse con dos situaciones:

- La actuación sobre un aeródromo (AD) o aeropuerto nuevo.
- La actuación o un estudio sobre un aeródromo o aeropuerto existente.

Ambas situaciones o análisis particulares, como uno de los primeros pasos, requieren indefectiblemente la determinación o verificación de la CR.

Cuando se trata de un aeródromo o aeropuerto nuevo, la normativa OACI establece un procedimiento para determinar la CR [1]. Básicamente se puede decir que a partir de la Mezcla de Tráfico (MT), se determinan la/s Aeronave/s Crítica/s (ACi). Luego, utilizando una tabla, en función de la Longitud de Campo de Referencia (LCR) se determina el Número de la Clave de Referencia (Nº CR); y en función de la envergadura (L) o de la Anchura del Tren Principal (ATP), surge la Letra de la Clave de Referencia (Le CR). A partir de la determinación de los elementos de la CR (número y/o letra), el proyectista posee uno de los parámetros fundamentales para diseñar los elementos constitutivos del aeródromo. No obstante ello, si el proyectista utilizara la clave de referencia del aeródromo (CRA) y pierde de vista la verdadera utilidad que se le dará a cada una de las infraestructuras, el mismo puede incurrir en un grosero error de diseño, el cual puede repercutir en una contundente e innecesaria inversión de dinero. En otras palabras, se debe utilizar de forma racional este parámetro a los efectos de hacer un diseño o un análisis adecuado en función de la infraestructura en cuestión.

Ante circunstancias particulares, la determinación de la CR asociada a una infraestructura o simplemente alguno de sus elementos constitutivos puede tener otras utilidades. Por ejemplo: la detección de discrepancias de la situación actual de un AD frente a las especificaciones de la normativa internacional; la certificación de aeródromos; cuestiones relacionadas a seguridad operacional; el establecimiento de prioridades de inversión; la zonificación de alturas en el entorno aeroportuario a partir de la construcción de las superficies limitadoras de obstáculos; las “posibles” aeronaves que podrían utilizar las instalaciones inclusive sin restricciones; cuestiones relacionadas a planificación a mediano y largo plazo (Plan Maestro); entre otras.

Es evidente que las situaciones anteriores suelen darse con aeródromos o aeropuertos existentes. También suele suceder, fundamentalmente en “pequeños aeródromos”, que no se disponga de la totalidad de información relativa a la mezcla operativa y, en el caso de que se supiera, habría que ver las condiciones en que utilizan el aeródromo (por ejemplo: limitaciones operativas). Conjuntamente puede darse la situación de que las aeronaves que se han utilizado para el diseño geométrico, hayan dejado de operar en el aeródromo (avances tecnológicos y/o modernización de flotas, políticas de las compañías aéreas, u otros condicionantes externos como suelen ser las economías regionales que afectan al transporte aéreo). En otras palabras, a cada aeronave se le puede asociar una CR, la cual no necesariamente coincide con la CR (o uno de los elementos) de la infraestructura que se esté analizando o con la CRA.

En situaciones particulares como las enunciadas anteriormente, se puede determinar la CR a partir de: las características geométricas de varios elementos y parámetros del AD; en función de las especificaciones de la normativa OACI; y definiendo una metodología de aplicación.

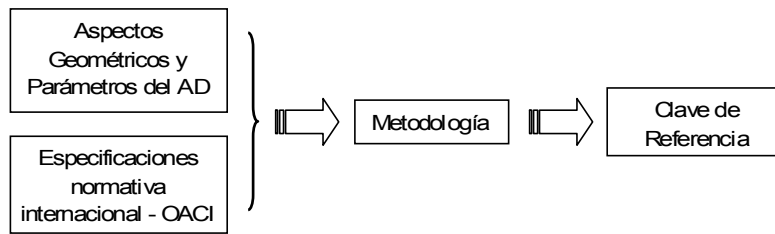


Figura 1:Proceso para determinar la CR de un aeródromo existente

Ante la falta de un proceso estandarizado; considerando las diferentes interpretaciones de la normativa y las distintas configuraciones geométricas de los aeródromos o aeropuertos; se plantea una metodología, a modo de procedimiento complementario, para determinar la CR de las infraestructuras existentes que componen un aeródromo, como así también la del propio aeropuerto, a partir de sus parámetros geométricos.

METODOLOGÍA.

La metodología para determinar la CR de un aeródromo existente se resume en la figura 2. Básicamente consiste en aplicar la secuencia representada para obtener los resultados y las posibles utilidades de los mismos.

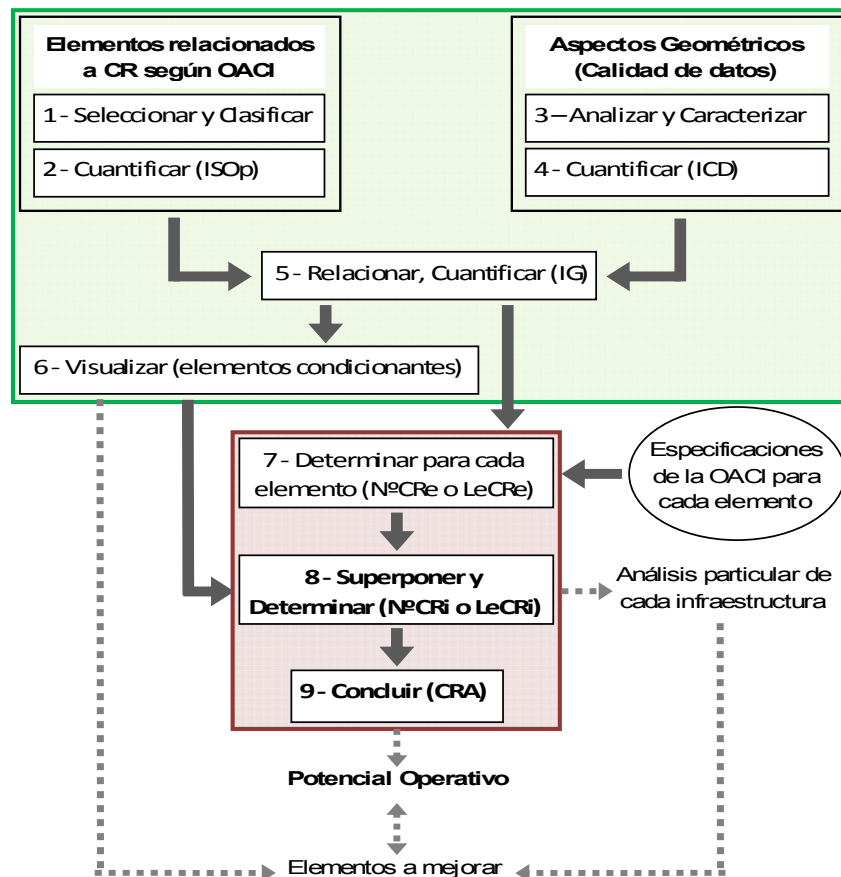


Figura 2: Procedimiento Metodológico.

La primera parte, incluye hasta el sexto paso y consiste en seleccionar los elementos a considerar para la determinación de la CR.

La segunda parte, incluye desde el séptimo al noveno paso y se utiliza para determinar los componentes de la CR asociados a los elementos e infraestructuras en función de las especificaciones de la OACI, a los efectos de concluir respecto a la CRA.

El resto, son consecuencias o utilidades que se desprenden del proceso. A continuación, se detallan cada uno de los componentes.

Primera Parte**1) Seleccionar y Clasificar.**

En éste paso hay que analizar cada uno de los elementos relacionados a la CR según la normativa internacional, seleccionarlos y clasificarlos de acuerdo al tipo de especificación. En ese sentido, la OACI establece un orden de relevancia clasificando a cada ítem en:

Norma (N): Toda especificación de características físicas, configuración, material, performance, personal, o procedimiento, cuya aplicación uniforme se considera necesaria para la seguridad o regularidad de la navegación aérea internacional y a la que, de acuerdo con el Convenio, se ajustarán los Estados contratantes. En el caso de que sea imposible su cumplimiento, el artículo 38 del Convenio estipula que es obligatorio hacer la correspondiente notificación al Consejo.

Método Recomendado (R): Toda especificación de características físicas, configuración, material, performance, personal o procedimiento, cuya aplicación uniforme se considera conveniente por razones de seguridad, regularidad o eficiencia de la navegación aérea internacional, y a la cual, de acuerdo con el Convenio, tratarán de ajustarse los Estados contratantes.

Si bien la normativa es estricta en relación a un parámetro N, deja determinada libertad o incertidumbre respecto a los parámetros R. Estos “grises” en la normativa, suelen ser un punto de discusión entre las autoridades aeronáuticas, los administradores, los concesionarios e inclusive los planificadores y/o proyectistas.

2) Cuantificar (ISOp)

A partir de ésta primera clasificación (N o R) y teniendo en cuenta la relación con la seguridad operacional (RSO) de cada uno de los elementos, la cual puede ser calificada máxima, media o mínima, en función de las interpretaciones del usuario de ésta metodología; surgen las siguientes situaciones y valores correspondientes al Índice de Seguridad Operacional (ISOp).

Tabla 1: Índice de Seguridad Operacional (ISOp)

Elemento OACI	RSO	ISOp
N	Máxima	1
	Media	0,75
	Mínima	0,5
R	Máxima	0,75

Carasay, Pitrelli, Di Bernardi Marino, Pesarini– Metodología para determinar la clave de referencia de un aeródromo existente según su diseño

Media	0,5
Mínima	0,25

En las tablas 5 y 6 se sugieren “ponderaciones” de la RSO, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Los documentos emitidos por la OACI se modifican con el tiempo a través de enmiendas o nuevas ediciones. Por ello, hay varios elementos que tienen a evolucionar de un parámetro R a N. (Por ejemplo: Área de Seguridad de Extremo de Pista –RESA-).
- Algunos elementos están directamente relacionados a la circulación de las aeronaves. (Por ejemplo: ancho de pista o de calle de rodaje)
- La funcionalidad del elemento en cuestión. (Por ejemplo: márgenes y franjas de pista o de calle de rodaje).
- El costo que puede llegar a tener la modificación del elemento en cuestión (por ejemplo: una señal).
- La afección indirecta del elemento que se esté analizando. (por ejemplo: que deba cambiar su configuración como una consecuencia de la modificación de otro elemento).
- Entre otros.

3) Analizar y Caracterizar.

En cuanto a los aspectos geométricos se refiere, el primer paso es analizar la configuración del AD o de la infraestructura que se esté examinando. En función de la disponibilidad de información y fundamentalmente de la autenticidad de la misma, se deben determinar las características de los elementos involucrados en el proceso.

4) Cuantificar (ICD)

A tales efectos, la tabla 2 establece un criterio de cuantificación para asignar los valores correspondientes al Índice de Calidad de Datos (ICD).

Tabla 2: Índice de Calidad de Datos (ICD)

Elemento o Infraestructura	Información	ICD
Aplica	Real	2
Aplica	Aproximado	1
Aplica	No Disponible	2 si ISOp $\geq 0,75$
Aplica	No Disponible	1 si ISOp $< 0,75$
No Aplica	-	0

Vale mencionar que la información se considera “Real” cuando al comparar los datos entre distintas fuentes de información, el resultado sea el mismo. En el caso de que existan discrepancias o si el dato es único pero aproximado (por ejemplo mediante el análisis de fotos satelitales), se considera que la información es aproximada. Ante situaciones de información no disponible, se recurre a la ponderación del ISOp.

Se considera que un elemento o infraestructura “No Aplica”, cuando:

- No esté contemplado en la configuración geométrica del aeródromo. (Por ejemplo: apartaderos de espera, plataformas de viraje en la pista, calles de salida rápida, entre otros).
- No es medible. (Por ejemplo: superficies limitadoras de obstáculos).

5) Relacionar y Cuantificar (IG).

La manera de relacionar las diferentes variables involucradas, es decir, los elementos relacionados a la CR según la OACI y los aspectos geométricos, es a través del Índice Global (IG), el cual se define como:

$$IG = ISO_p \times ICD$$

La tabla 3 muestra los posibles valores que se obtendrán del IG.

Tabla 3: Índice Global (IG)

Valores del IG		ISO _p			
		1	0,75	0,5	0,25
ICD	2	2	1,5	1	0,5
	1	1	0,75	0,5	0,25
	0	0	0	0	0

6) Visualizar (elementos condicionantes).

A tales efectos, en función del siguiente criterio, se aplica la coloración en la tabla 4.

Tabla 4: Visualización de elementos condicionantes.

Rango IG	Visualización	
	Color	Importancia
Si $IG \geq 1,5$	Rojo	Alta
Si $1,5 < IG \leq 0,75$	Amarillo	Media
Si $IG < 0,75$	Verde	Baja

El rango del IG y la visualización correspondiente, se aplican con la intención de establecer el peso relativo de cada elemento en la determinación del número o la letra de la CR asociada a una infraestructura y/o del aeródromo.

A partir de allí, el usuario de ésta metodología puede decidir sobre la utilización de todos los parámetros involucrados o, simplemente utilizar aquellos cuyo IG sea mayor o igual a 0,75.

En éste último caso, cabe mencionar que el hecho de que un elemento no sea considerado en el proceso de determinación de los componentes de la CR (Número o Letra), no necesariamente significa que deba obviarse en el estudio que se esté desarrollando. Esto quiere decir que, una vez determinado el número o la letra de la CR asociada al elemento o la infraestructura en cuestión, su utilidad es el análisis siguiente. Un claro ejemplo de ello son las superficies limitadoras de obstáculos ya que no son ponderables desde el punto de vista geométrico, razón por la cual se las excluye de la determinación de la CR asociada a una pista; no obstante ello, una vez determinada la CR mediante la aplicación de ésta metodología, deben ser construidas a los efectos de verificar la presencia de posibles obstáculos.

Segunda Parte.**7) Determinar (N°CRe ó LeCRe).**

A partir de las especificaciones de OACI, se debe determinar el mayor número o letra de la CR (Número o Letra) que le corresponde a cada elemento.

8) Superponer y Determinar (N°CRI ó LeCRI).

En función del punto anterior y teniendo presente los elementos condicionantes determinados en el punto 6, se deben superponer los resultados para determinar el número o la letra de la CR asociada a cada una de las infraestructuras (pistas, calles de rodaje y plataformas).

Asimismo, en las tablas 5 y 6 se especifican algunos elementos que no tienen relación directa con la CR, es decir, no son parámetros N o R. Sin embargo, a partir de las especificaciones de la normativa OACI, estos parámetros se relacionan con la LCR. Un ejemplo de ello es la longitud de la pista, la cual se para su determinación se encuentra influenciada por los siguientes factores: las características de performance y masas de operación de los aviones a los que se prestará servicio; las condiciones meteorológicas (principalmente viento y temperatura en la superficie); las características propias de la pista (pendiente y coeficiente de roce); y factores relacionados con el emplazamiento (elevación y limitaciones topográficas).

Cuando no se conocen los datos sobre la performance de los aviones para los que se destine la pista, es decir, no se dispone del manual de vuelo adecuado; cabe determinar la longitud de toda pista principal por medio de la aplicación de coeficientes de corrección generales [2]. Básicamente, estas correcciones se traducen en la siguiente expresión matemática:

$$L_p = LCR \left\{ \left(1 + 0,07 * \frac{Elev}{300} \right) * [1 + (Tra - Telev) * 0,01] * (1 + Pend * 0,10) \right\} \quad (A)$$

- **L_p** es la Longitud de la pista
- **LCR** es Longitud de Campo de Referencia
- **Elev.** es la Elevación del Aeródromo
- **Tra** es la Temperatura de Referencia del Aeródromo
- **Telev** es la Temperatura Standard en elevación
- **Pend.** es la pendiente de pista obtenida al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista, por la longitud de ésta.

Notas:

- Si la corrección total por elevación y temperatura fuera superior al 35%, las correcciones necesarias deberían obtenerse mediante un estudio a tal efecto.
- El factor correspondiente a la corrección por pendiente, aplica cuando la longitud de despegue sea de 900 m o más.

A partir de la expresión matemática (A) resulta la siguiente, cuya aplicación permite utilizar las especificaciones de la OACI, a los efectos de obtener el número de CR asociado a una pista.

$$LCR = \frac{L}{\left\{ \left(1 + 0,07 * \frac{Elev}{300} \right) * [1 + (Tra - Telev) * 0,01] * (1 + Pend * 0,10) \right\}} \quad (B)$$

9) Concluir (CRA).

Mediante la observación de los distintos números y letras de las claves de referencia determinadas para cada una de las infraestructuras, se concluye sobre la clave de referencia del aeródromo (CRA). La misma será el resultado que contemple la mayor combinación posible.

Aplicación del Proceso.

A continuación se presentan una serie de tablas y consideraciones generales para aplicar la metodología. Es evidente que cada usuario podrá utilizar la herramienta de la forma que le convenga en función del análisis puntual que esté desarrollando o simplemente de los formatos que establezcan de antemano.

Como podrá observarse, se agrupan por elementos que influyen en la determinación del número o la letra de la clave de referencia.

Tabla 5: Elementos asociados al número de Clave de Referencia.

Inf.	Especificación de OACI [1]		RSO	ISOp	ICD	IG.	Dato	N°CRe	N°CRi
	Ref.	Elemento							
AD.	2.3	Elevación del AD y de la pista (a)	Max	1					
	2.4	Temperatura de referencia del AD (a)	Max	1					
Pista i	3.1.6	Longitud verdadera de las pistas (a)	Max	1					
	3.1.9	Anchura de las pistas	Max	0,75					
	3.1.10/11	Distancia mínima entre pistas paralelas	Max	0,75					
	3.1.12/13/14/15/17	Pendientes longitudinales de las pistas	Max	0,75					
	3.4.2	Longitud de las franjas de pista	Max	1					
	3.4.3/4/5	Anchura de las franjas de pista (b)	Max	1 ó 0,75					
	3.4.7	Objetos en las franjas de pista	Max	1					
	3.4.8/9	Nivelación de las franjas de pista (c)	Max	0,75					
	3.4.12	Pendientes longitudinales de las franjas de pista	Max	0,75					
	3.4.14	Pendientes transversales de las franjas de pista	Max	0,75					
	3.4.16/17	Resistencia de las franjas de pista (c)	Max	0,75					

Carasay, Pitrelli, Di Bernardi Marino, Pesarini– Metodología para determinar la clave de referencia de un aeródromo existente según su diseño

Inf.	Especificación de OACI [1]		RSO	ISO _p	ICD	IG.	Dato	N°CRe	N°CRi
	Ref.	Elemento							
	3.5.1/3	Áreas de seguridad de extremo de pista	Max	1 ó 0,75					
	3.7.2	Pendientes de las zonas de parada	Med	0,5					
	Cap. 4 completo	Restricción y eliminación de obstáculos – Superficies limitadoras de obstáculos (d)	Max	1	0	0			
	5.2.3.4	Señal de eje de pista (e)	Min	0,5					
	5.2.4.1/2	Señal de umbral (e)	Min	0,5 ó 0,25					
	5.2.5.2/3	Señal de punto de visada (e)	Min	0,5 ó 0,25					
	5.2.6.1/2	Señal de toma de contacto (e)	Min	0,5 ó 0,25					
	3.9.4	Anchura de las calles de rodaje	Max	0,75					
	3.9.7	Distancias mínimas de separación entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista	Max	0,75					
	3.9.15	Calles de salida rápida	Max	0,75					
	3.11.2	Anchura de las franjas de las calles de rodaje	Max	0,75					
	3.11.4	Nivelación de las franjas de las calles de rodaje	Max	0,75					
	3.11.5	Pendientes de las franjas de las calles de rodaje	Med	0,5					
Calles de Rodaje j	3.12.1 /6/7	Apartaderos de espera	Max	0,75					
	3.12.2 /3/6/7	Puntos de espera de la pista	Max	1					
	3.12.4 /6/7	Puntos de espera intermedios	Max	0,75					
	5.2.8.1/2	Señal de eje de calle de rodaje (e)	Min	0,5 ó 0,25					
	5.5.5	Balizas de borde de calle de rodaje	Min	0,25					
	5.5.6	Balizas de eje de calle de rodaje.	Min	0,25					
	3.12.5/6 /7	Punto de espera en la vía de vehículos	Max	1					
Plat. k	3.13.6	Márgenes de separación de los puestos de estacionamiento de aeronaves	Max	0,75					
Varios	5.2.9.3	Señal de plataforma de viraje en la pista (e)	Min	0,25					

Carasay, Pitrelli, Di Bernardi Marino, Pesarini– Metodología para determinar la clave de referencia de un aeródromo existente según su diseño

Inf.	Especificación de OACI [1]		RSO	ISOp	ICD	IG.	Dato	N°CRe	N°CRi
	Ref.	Elemento							
	5.3.1.3	Luces que pueden causar confusión	Max	0,75					
	5.3.5.42	Superficie de protección contra obstáculos (d)	Max	1	0	0			
	5.4.1.3/7 /8	Letreros (e)	Min	0,5					
	5.4.3.14/15 /16/17/20	Emplazamiento de letreros de información (e)	Min	0,5					
	6.1.8	Objetos que hay que señalar o iluminar	Max	1					
	9.9.1 /2/5/6	Emplazamiento de equipo e instalaciones en las zonas de operaciones	Max	1					

Tabla 6: Elementos asociados a la letra de Clave de Referencia.

Inf.	Especificación de OACI [1]		RSO (4)	ISOp (5)	ICD (6)	IG. (7)	Dato (8)	LeCRe	LCRi
	Ref.	Elemento							
Pista i	3.1.9	Anchura de las pistas	Max	0,75					
	3.1.18	Pendientes transversales de las pistas	Max	0,75					
	3.2.1/2/3	Márgenes de las pistas	Max	0,75					
	3.3.1/2/6	Plataforma de viraje en la pista	Max	1 ó 0,75					
Calle de Rodaje j	3.9.3	Distancia libre	Max	0,75					
	3.9.4	Anchura de las calles de rodaje	Max	0,75					
	3.9.5	Curvas de las calles de rodaje	Max	0,75					
	3.9.6	Uniones e intersecciones	Max	0,75					
		Distancias mínimas de separación entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista	Max	0,75					
		Distancias mínimas de separación entre el eje de una calle de rodaje y el eje de otra calle de rodaje	Max	0,75					
	3.9.7	Distancias mínimas de separación entre el eje de una calle de rodaje que no sea acceso al puesto de estacionamiento y un objeto. Distancias mínimas de separación entre el eje de la calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto.	Max	0,75					

Carasay, Pitrelli, Di Bernardi Marino, Pesarini– Metodología para determinar la clave de referencia de un aeródromo existente según su diseño

Inf.	Especificación de OACI [1]		RSO (4)	ISOp (5)	ICD (6)	IG. (7)	Dato (8)	LeCRe	LCRi
	Ref.	Elemento							
	3.9.8 /9/10	Pendientes longitudinales de las calles de rodaje	Med	0,5					
	3.9.11	Pendientes transversales de las calles de rodaje	Med	0,5					
	3.10.1	Márgenes de las calles de rodaje	Max	0,75					
	3.11.2	Anchura de las franjas de las calles de rodaje	Max	0,75					
Plataforma K	3.13.6	Márgenes de separación de los puestos de estacionamiento de aeronaves	Max	0,75					

- Si bien son elementos que no están directamente relacionados con el Número o la Letra de la CR, tienen relación directa con la LCR de conformidad a la expresión matemática (A).
- Depende del tipo de aproximación
- Depende del tipo de operaciones (VFR ó IFR)
- Son parámetros no medibles
- Son parámetros cuya modificación tiene un costo relativamente bajo frente al resto de los elementos.

Aquellos parámetros que de conformidad al ICD se consideran que no aplican por no estar contemplados en la configuración geométrica del aeródromo, cuya consecuencia es que el IG sea igual a cero, deben eliminarse de las tablas. A pesar de ello, no deben perderse de vista aquellos elementos que no aplican por no ser medibles, los cuales deben ser analizados posteriormente a la determinación de la CR.

Los subíndices i, j y k, representan la cantidad de pistas, calles de rodaje y plataformas, respectivamente. En función de ello, deberán agregarse tantas filas como sea necesario de acuerdo a la configuración del aeródromo.

Cada una de las celdas en las que deben especificarse los “Datos”, se deben completar con el valor geométrico (dimensión) que posee el elemento que se esté analizando. A su vez, en la misma celda se puede especificar entre paréntesis la fuente de información. Por ejemplo: (1) AIP, (2) MADHEL, (3) Plano suministrado por el solicitante, (4) Trabajo de campo, (5) Internet, entre otros.

Cada una de las celdas en las que deben especificarse los N°CReó la LeCRe, se refieren a los resultados del punto 7 de la presente metodología. Es decir, se asignará el componente (número o letra) de la CR que surge de comparar el dato correspondiente a cada elemento con las especificaciones de la normativa OACI.

Como puede apreciarse al final de las tablas 5 y 6, se determina por superposición el elemento de la clave de referencia asociado a cada una de las infraestructuras (N°CRI ó LeCRI).

Cabe mencionar que para algunos elementos a analizar, la determinación del número de la CR implica restricciones en la letra de la CR, y viceversa. Este aspecto puntual debe ser considerado por el usuario de la metodología. Puntualmente, la anchura de las pistas y la distancia mínima de separación entre el eje de una pista y el eje de una calle de rodaje.

De conformidad con los resultados presentados en las tablas anteriores, se concluye sobre la **clave de referencia del aeródromo (CRA)**.

Tercera Parte

Como puede observarse en la figura 2, la determinación de la CRA de alguna manera está relacionada con el potencial operativo del aeródromo o aeropuerto. Si bien es importante tener presente que existen varios condicionantes colaterales o indirectos que tienen influencia en la operación como: el servicio de extinción de incendios, el servicio sanitario, el equipo disponible de handling, la capacidad de los componentes de la parte pública (áreas terminales y servicios prestados, estacionamientos, accesos, ...), entre otros; la CRA define “a priori” el potencial operativo del aeropuerto.

Al determinar la CRA, de alguna manera se está detectando un parámetro que sirve, entre otras cosas, como indicador de las aeronaves que podrían utilizar el aeródromo sin restricciones. Por ejemplo: si la CRA es 4D, todas las aeronaves que en función las características técnicas (dimensiones y performance), tengan una CR asociada igual o menor (4D, 4C, 3C, 3B, 3A, 2C, 2B, 2A, 1C, 1B o 1A), podrán utilizar las instalaciones sin ningún tipo de problemas.

Vale mencionar que en algunas situaciones particulares, el elemento condicionante para determinar si es viable la operación de determinada aeronave es la longitud de la pista, el cual tiene influencia directa sobre el N°CR. En ese caso, deberá realizarse un estudio particular al respecto.

Por otro lado, en la secuencia metodológica representada en la figura 2, se observan aplicaciones colaterales como son los análisis particulares de cada infraestructura y la detección de elementos a mejorar a los efectos de aumentar el potencial operativo. Ambas situaciones de alguna manera están relacionadas con los elementos que condicionan la determinación de la CR. Es aquí donde radica la importancia la asignación de valores a través de los índices definidos (ISOp, ICD e IG), a los efectos de no perder de vista el peso relativo de cada elemento involucrado en el proceso.

A partir de allí, teniendo en cuenta los sucesivos resultados del proceso, se pueden desprender líneas de acción concretas para: mejorar la calidad de la información disponible, detectar los elementos a mejorar a los efectos de aumentar el potencial operativo, y detectar el elemento a modificar a los efectos de obtener la CR óptima asociada a cada infraestructura. En relación a ésta última utilidad, esa especie de ranking establecido en función del IG, permite definir un orden de relevancia a la hora de tener que actuar ante determinados elementos cuya modificación influyen sobre otros. En otras palabras y dependiendo del tipo de análisis que se esté desarrollando, los elementos que tengan un IG alto, deben ser considerados como elementos inmodificables frente a un elemento cuyo IG sea inferior.

CONCLUSIONES.

Se presenta una metodología simple para determinar la clave de referencia de un aeródromo existente según su diseño geométrico.

La determinación de éste parámetro es muchas veces necesario para quienes trabajan en temas aeroportuarios, tanto en planificación, proyecto o explotación. Al no tener una sistematización para obtenerla se incurre en errores, importantes o no tanto, según sea el caso, lo cual la mayoría de la veces tienen lecturas incorrectas y como consecuencia actuaciones no acordes a las necesidades, sobre todo teniendo en cuenta que algunas actuaciones pueden ser la “NO ACTUACION”.

Por tratarse de una herramienta nueva, la cual se fundamenta sobre las especificaciones de la normativa OACI, incorporando aspectos relacionados a seguridad operacional y a la calidad de la

Carasay, Pitrelli, Di Bernardi Marino, Pesarini– Metodología para determinar la clave de referencia de un aeródromo existente según su diseño

información; es necesario la validación de la misma mediante la aplicación a aeródromos existentes, a los efectos de revisar, corregir, modificar y/o ampliar la metodología.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] OACI - Anexo 14 – Volumen 1 – Aeródromos
- [2] OACI - Manual de Proyecto de Aeródromos – Parte 1

CONTAMINACIÓN GASEOSA EN SISTEMAS AEROPORTUARIOS Y SU IMPACTO EN LA PLANIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO

Matías Chapela¹, Alejandro Puebla¹, Juan Ignacio D'Iorio¹, Alejandro Di Bernardi¹

¹Grupo de Transporte Aéreo (GTA) - Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata
Calle 116 s/n e 47 y 48, (1900) La Plata, Argentina
Email: matiaschapela@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos del análisis de los gases contaminantes producidos por las plantas de poder de las aeronaves comerciales que operan en un aeropuerto dado, durante las fases de aproximación, aterrizaje, taxi-in, taxi-out, despegue y ascenso. También se cuantifican las emisiones emitidas por los vehículos de asistencia que sirven a dichas aeronaves y operan en la parte aeronáutica del aeropuerto.

El estudio efectuado se encuentra encolumnado con los objetivos del comité de protección ambiental aeronáutica (CAEP) conformado por la Organización de aviación civil internacional (OACI), particularmente con los del Grupo de Trabajo 3 (WG3) que se centra en la mitigación de las emisiones gaseosas. También se consideran las iniciativas propuestas por las principales entidades y autoridades aeronáuticas sobre el desarrollo de aeropuertos ecológicamente sustentables (denominados como "Green Airports").

Dichos análisis fueron realizados mediante software computacionales específicos. Se plantearon distintos escenarios operacionales de un aeropuerto, para luego proceder a su simulación. De esta manera, se obtienen las curvas de dispersión de contaminantes, permitiendo analizar su aporte dentro del predio aeroportuario y su entorno.

Posteriormente se contrastan dichos resultados con los radios censales del entorno que circunda al aeropuerto para poder conocer las zonas más afectadas por las operaciones aeroportuarias, y la cantidad de población que se ve perjudicada por las mismas, según indicadores operacionales específicos.

ABSTRACT

This work presents the results obtained from the analysis of the gaseous emissions produced by the engines that operate commercial aircraft at an airport, during the phases of approach, landing, taxi-in, taxi out, takeoff and climb. The emissions issued by the ground support equipment (GSE) are also quantified.

This is in accordance with the objectives of the Committee of Aviation Environmental Protection (CAEP) created by the International Civil Aviation Organization (ICAO), particularly the Working Group 3 (WG3) which focuses on mitigation of the gaseous emissions. It also considers the initiatives proposed by the main entities and aviation authorities on environmentally sustainable airport development (referred to as "Green Airports").

These analyses were made using specific computer software. Different operational scenarios were analyzed and simulated. Using this method pollutant dispersion plumes and quantification of gaseous emissions were obtained.

These results were contrasted with census data of the surrounding of the airport, in order to know affected population and areas.

Palabras clave: aeropuertos, operaciones, contaminación, dispersión, gases.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años las naciones del mundo han manifestado intenciones de reducir los actuales niveles de generación contaminante y prueba de ello son los distintos acuerdos que se han alcanzado y firmado.

Existen diversos organismos que intentan definir líneas de acción en función de la caracterización actual de la actividad humana y de sus respectivas proyecciones. En este contexto podemos mencionar al Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) de la World Meteorological Organization (WMO) y a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) de la ONU, cuya preocupación fundamental se centra en los gases efecto invernadero (GEIs): H₂O (vapor), CO₂, CH₄, NO_x, O₃, CFCs, entre otros.

El sector aeronáutico no es ajeno a esta situación y ha asumido un rol activo en esta problemática. En el año 2007 se conformó el Grupo sobre Aviación Internacional y Cambio Climático (GIACC), dependiente de OACI. Este se encarga de desarrollar, difundir y recomendar un plan de acción que incluye estrategias económicamente eficientes y tecnológicamente factibles, así como medidas que los Estados miembros pudieran utilizar para lograr reducir emisiones de gases de efecto invernadero. Entre las principales medidas, además de las mejoras tecnológicas, se espera concretar la introducción progresiva de combustibles alternativos, desarrollo de medidas para incrementar el uso eficiente de la energía y la introducción de buenas prácticas operacionales aceptadas. En el año 2010, los 190 países de la OACI acordaron poner un tope a las emisiones de la aviación internacional a partir del año 2020.

Las proyecciones indican que la actividad aeroportuaria se incrementará significativamente en los próximos años (de 2,4 mil millones en 2010 a 16 mil millones en 2050) y es por ello que se buscan reducir los impactos que esta actividad genera.

La caracterización de aportes contaminantes gaseosos se realiza en diferentes escalas: la local (entorno aeroportuario inmediato: 30 km de radio a partir de un punto de referencia) y la global (a través de la circulación atmosférica: miles de kilómetros). En este contexto, este estudio se concentra en la escala local inmediata, ya que busca caracterizar el entorno para definir las servidumbres gaseosas, que junto a las acústicas y a las superficies limitadoras de obstáculos, definen el uso del suelo en el entorno aeroportuario.

Este trabajo tiene como objeto la visualización de los contaminantes producidos por las operaciones en el entorno aeroportuario, generada a través de un modelo de dispersión computacional.

METODOLOGÍA

En primer lugar se debe seleccionar un aeropuerto para el estudio; en este caso se eligió al Aeroparque "Jorge Newbery", ubicado en la ciudad de Buenos Aires, por ser el aeropuerto con mayor cantidad de operaciones anuales. El emplazamiento de este aeropuerto es también un factor fundamental para la elección, ya que se encuentra en una zona urbana.

Chapela, Puebla, D'Iorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

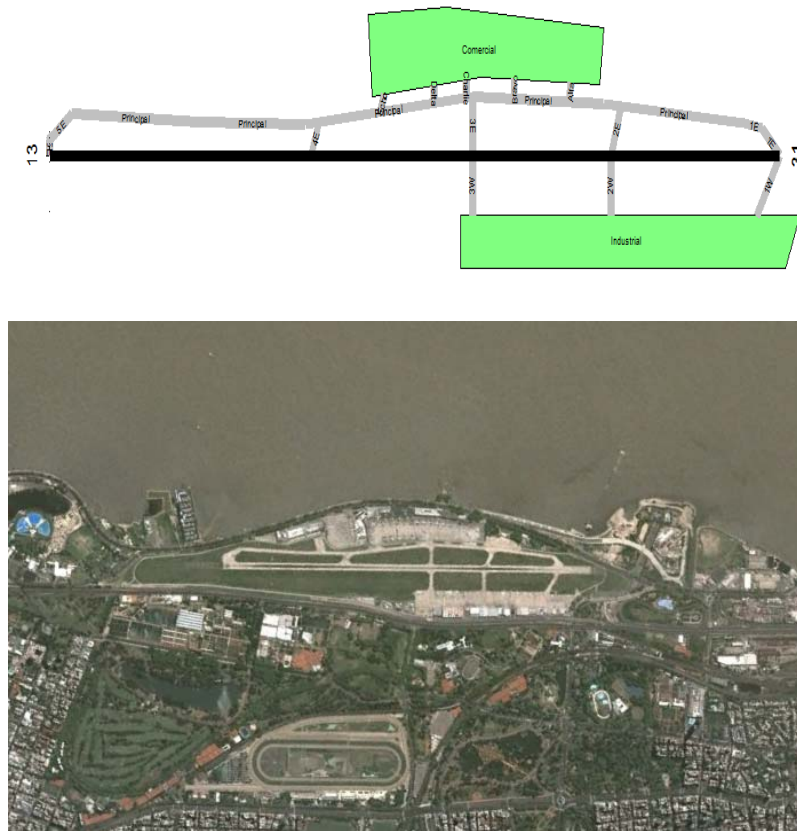


Figura 1. Vista esquemática y general del aeropuerto.

- Estrategia de uso de pistas y escenarios operativos.

Si bien los escenarios son diversos en función de la estrategia operativa de las pistas, de las condiciones meteorológicas y el uso del espacio aéreo circundante, se seleccionaron los siguientes para el análisis: despegues y aterrizajes por pista 13 cuando la resultante de viento se encuentra comprendida entre los 40° y los 220° , y despegues y aterrizajes por pista 31 cuando la resultante de viento se encuentra comprendida entre los 220° y los 40° .

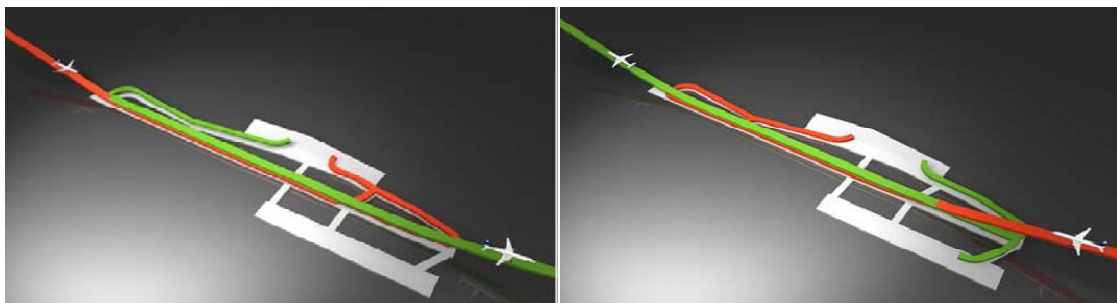


Figura 2. Escenarios de aterrizajes y despegues (Pista 13 y 31 respectivamente).

Chapela, Puebla, D'Iorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

- Flotas y plantas de poder.

La flota utilizada para el análisis se corresponde con la actualizada al mes de mayo de 2013, con una cantidad promedio de 200 operaciones diarias. Cabe aclarar que no se tuvieron en cuenta aeronaves de aviación general para este trabajo. A continuación se presenta una tabla con la mezcla de aeronaves, la motorización considerada y los valores anualizados de arribos y partidas.

Tabla 1. Mezcla de tráfico analizada.

Aeronave	PlantaPoder	ArribosAnuales	PartidasAnuales
A320-200	IAE V2527-A5	8760	9855
ATR 72	PW127-A	365	365
B737-500	CFM56-3C-1	8030	8760
B737-700/-800	CFM56-7B26	1095	1095
CRJ900	CF34-8C5 LEC	3285	3285
E190	CF34-10E6 SAC	13505	13870
MD82/83/87	JT8D-219 EK	365	365
S340	CT7-5A2	730	730
TOTALES		36135	38325

- Software de referencia – Proceso de calculo

Las emisiones gaseosas y su dispersión fueron obtenidas a través de simulación mediante software específico. El proceso consiste en 3 etapas fundamentales. En primer lugar se realizó un pre procesamiento de los datos meteorológicos haciendo uso del programa AERMET View. El propósito básico de dicho programa es usar datos de observaciones de la estación meteorológica correspondiente al aeropuerto en estudio, a fin de calcular ciertos parámetros de capa límite terrestre usados para estimar perfiles de viento, turbulencia y temperatura. Las variables meteorológicas a considerar para el estudio son: temperatura, dirección e intensidad del viento, presión, humedad relativa, porcentaje de nubosidad, altura de techo de nubes, precipitación horaria y radiación solar. Una vez procesados los datos meteorológicos se modela la dispersión atmosférica a través del software “EDMS” (Emission and dispersion modeling system) y su módulo “AERMOD”, que permite estimar los valores de concentración de contaminantes en la atmósfera a través del uso de un modelo de dispersión Gaussiano, teniendo en cuenta la información del terreno y el modelado operativo del aeropuerto, es decir movimiento de aeronaves, vehículos de asistencia, fuentes puntuales, entre otros. En última instancia se graficó la pluma contaminante utilizando los valores de concentración obtenidos anteriormente en una malla de aproximadamente 1000 receptores distribuidos uniformemente a lo largo del aeropuerto y su entorno.

Si bien el “EDMS” permite cuantificar una gran número de contaminantes, para este análisis se consideraron únicamente aquellos solicitados por el anexo 16 de OACI para la certificación de los motores aeronáuticos, que a su vez poseen una limitación en el valor de la concentración por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Dichos contaminantes son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los hidrocarburos no quemados (HC). Cabe destacar que también se realizó la cuantificación de dióxido de carbono (CO₂), pero no su dispersión debido a que su impacto contribuye principalmente al cambio climático.

- Hipótesis de trabajo

Las siguientes hipótesis de trabajo fueron adoptadas para las simulaciones:

Chapela, Puebla, D'Iorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

- Las plumas de gases se simulan para un período de 12 meses, por lo tanto se anualizaron las operaciones diarias a partir de un día tipo a través del “EDMS”. Estos valores se presentan en la Tabla 1, para la mezcla de tráfico adoptada.
 - Se utilizaron los datos de performance de aeronaves, APU, vehículos de asistencia y emisiones asignados por el software.
 - Se utilizaron los datos meteorológicos de la estación Aeroparque correspondientes al año 2012.
 - No se contemplaron los efectos producidos por la orografía propia del terreno.
 - No se contemplaron las operaciones de aviación general o vuelos de tipo no regular.
- Estimación de la población afectada

A continuación se detalla el proceso para el cálculo de la población afectada, teniendo en cuenta los siguientes pasos lógicos:

- **Huellas de contaminantes:** como primer paso se obtuvieron las huellas de los diferentes contaminantes, presentadas anteriormente.
- **Radios censales:** para la estimación de la población afectada se utilizaron los radios censales obtenidos del año 2001 (dato más reciente disponible al momento del desarrollo de este documento). Estos radios varían con cada censo en función del crecimiento de la población; por este motivo, dependiendo de la ciudad a la que pertenecen, se van modificando, o sea, no son de tamaño homogéneo, ya que el dato de importancia es la cantidad de viviendas que se encuentran dentro y no el área que comprenden los mismos. Al disponerse del crecimiento poblacional por partido del censo 2010, se realizó un ajuste de los radios censales, adoptando como hipótesis un crecimiento homogéneo en cada uno de ellos.
- **Radios censales y curvas de ruido:** se seleccionaron los radios censales afectados por las curvas de dispersión en el entorno aeroportuario.
- **Tipo de ejido según uso:** se clasificaron los radios censales en función de su uso: urbano, rural y mixto.
- **Concentración de la población:** en los casos de radios censales mixtos, se identificaron los sectores con concentración de población para designar subsectores.
- **Radios equivalentes:** como resultado se obtuvieron los radios afectados por las curvas de contaminantes, identificando dentro de los mismos los focos de población.
- **Densidad de los radios censales afectados:** dentro de los radios se identifican diferentes densidades de población. Para definir los intervalos se utilizó el método “natural breaks”, que identifica los puntos de corte entre clases mediante el algoritmo de optimización de Jenks. Este consiste en la minimización de la suma de la varianza intraclase para obtener la máxima homogeneización (mínima dispersión) dentro de cada intervalo y la máxima dispersión entre los mismos. Los límites entre clases se establecen donde hay un salto relativamente importante entre valores. El algoritmo procede comparando iterativamente las sumas de las diferencias al

Chapela, Puebla, D'lorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

cuadrado entre valores observados dentro de cada clase y las medias de las mismas. La mejor clasificación se considera cuando se encuentran aquellos umbrales que minimizan la suma intraclase de diferencias al cuadrado.

- **Cantidad de población afectada:** finalmente se obtienen los valores de población afectada para los diferentes contaminantes y concentraciones.

RESULTADOS

Los siguientes gráficos corresponden a las cantidades totales (expresado en toneladas anuales) de contaminantes emitidos por todas las aeronaves consideradas anteriormente en el análisis. El período analizado corresponde al año 2012.

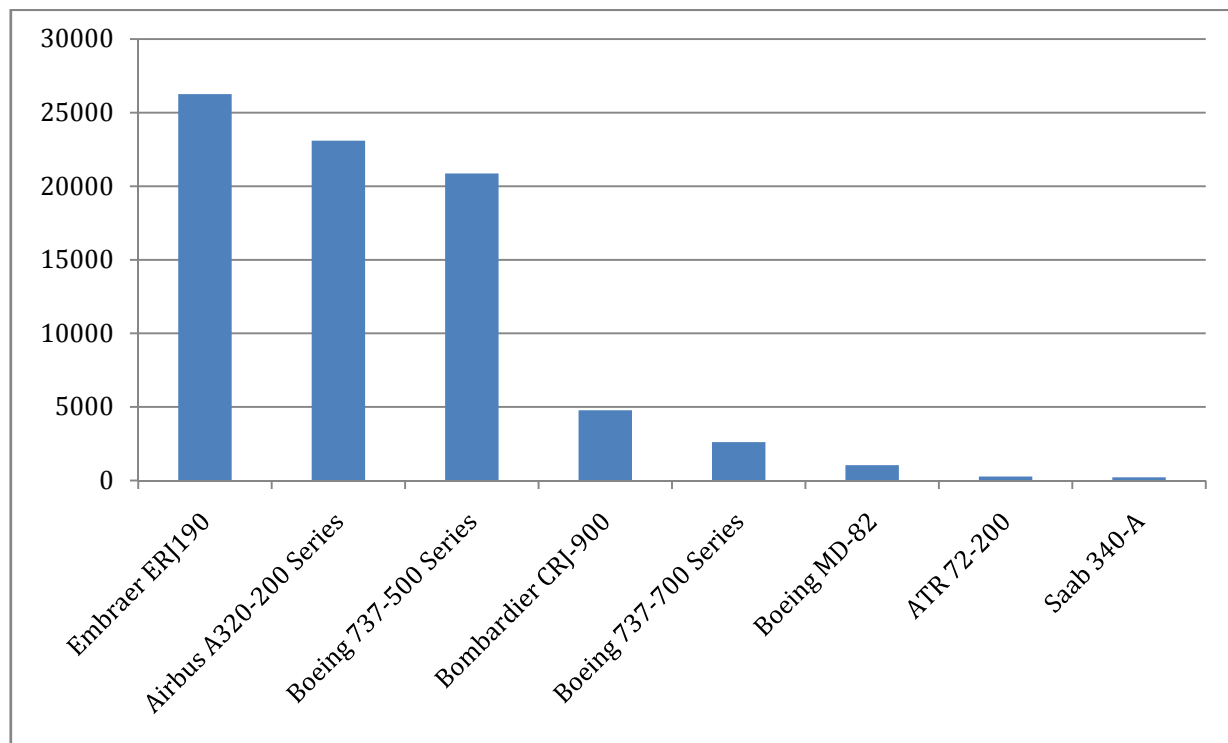


Figura 3. Toneladas anuales de CO₂.

Chapela, Puebla, D'Iorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

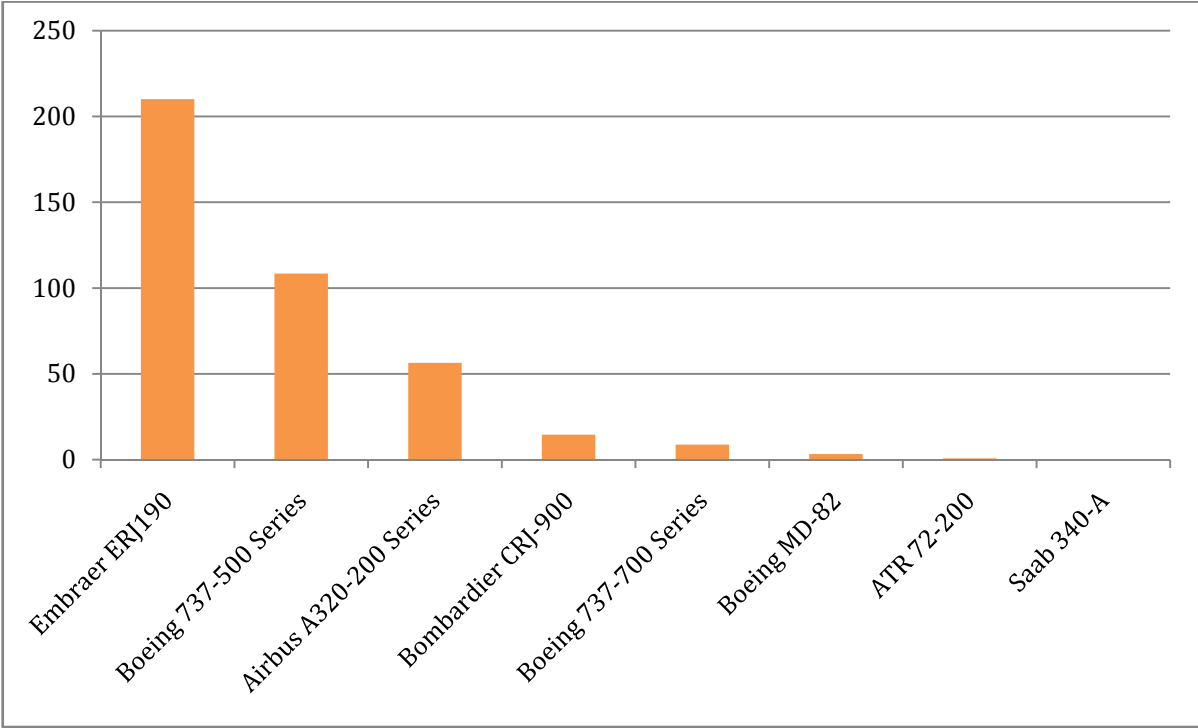


Figura 4. Toneladas anuales de CO.

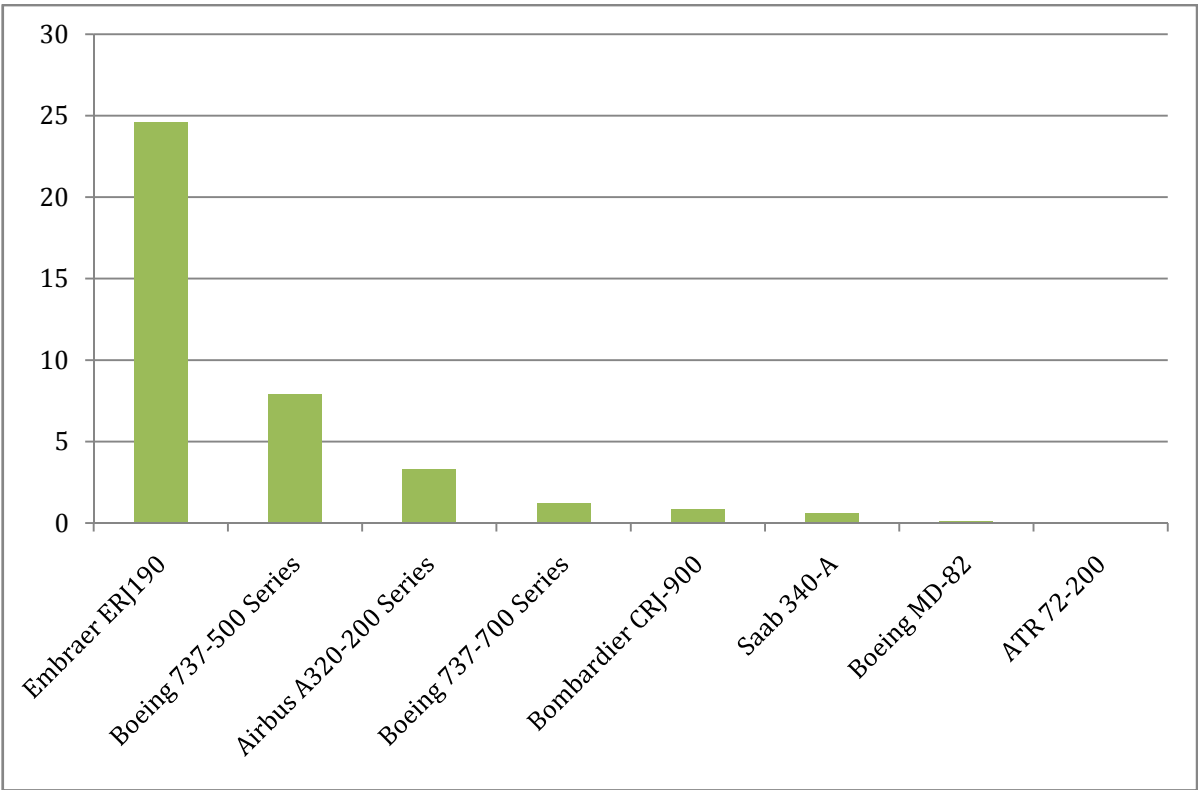


Figura 5. Toneladas anuales de HC.

Chapela, Puebla, D'lorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

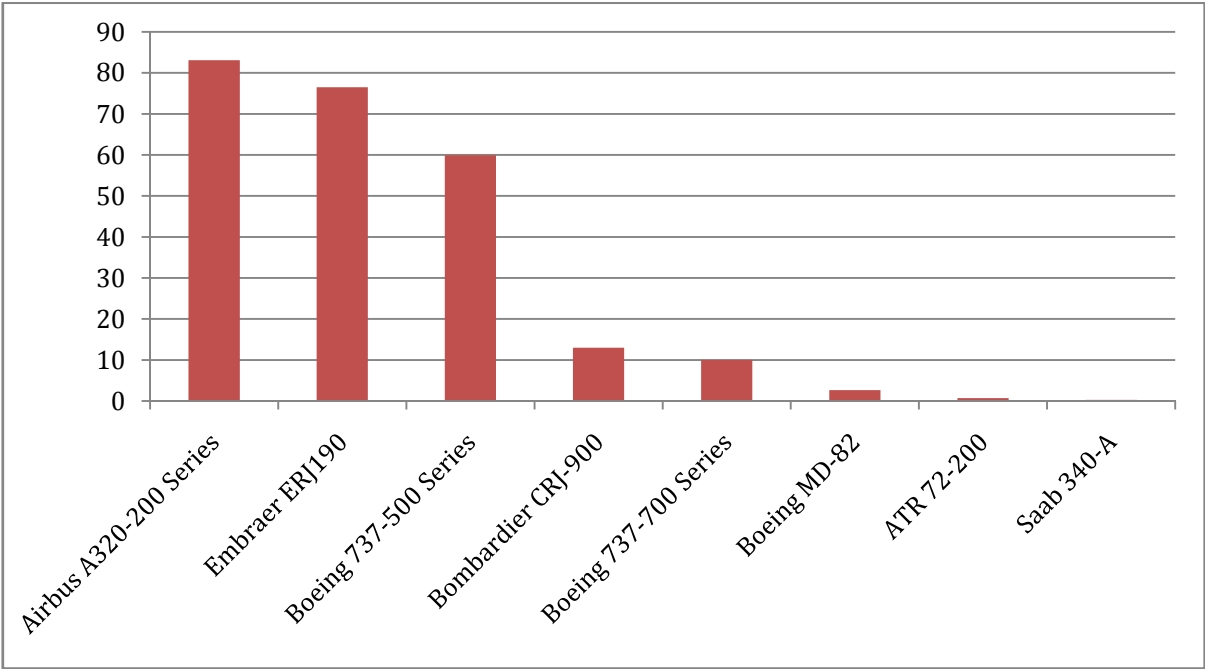


Figura 6. Toneladas anuales de NO_x.

A continuación se incluyen las huellas de dispersión de contaminantes calculadas, incluyendo los radios censales según la metodología planteada anteriormente. A su vez, se exhiben los datos correspondientes a la cantidad de población afectada por dicha huella.

Chapela, Puebla, D'lorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

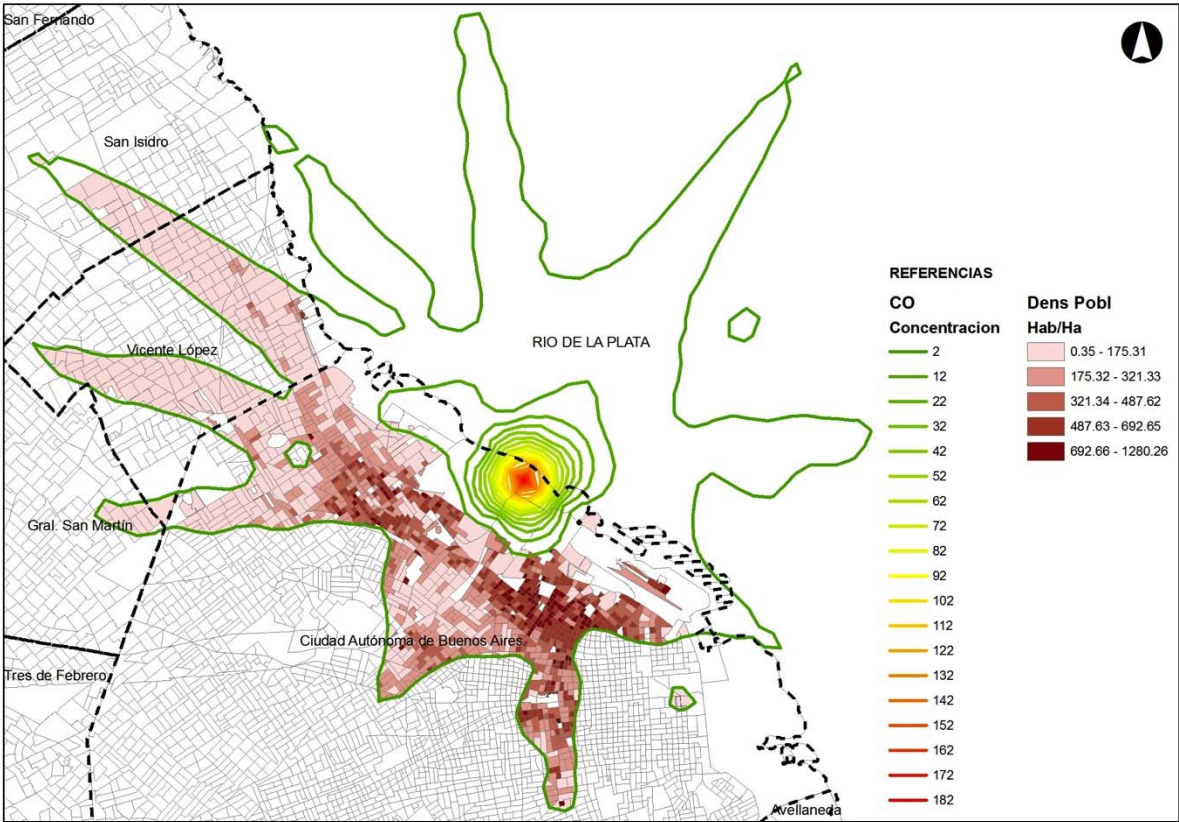


Figura 7. Población afectada por el CO; concentración en µg/m³.

Tabla 2. Población afectada por el CO.

POBLACIÓN AFECTADA POR EL CO			
Concentración (µg/m³)	Partido	Poblaciónafectada	Áreaafectada (m²)
2	Ciudad de Buenos Aires	927.100	34.447.400
	San Isidro	15.950	2.275.300
	San Martín	7.850	865.900
	Vicente López	125.650	13.084.300
	Subtotal	1.076.550	50.672.900
12	Ciudad de Buenos Aires	2.500	150.000
	Subtotal	2.500	150.000
TOTAL		1.079.050	50.822.900

Chapela, Puebla, D'lorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

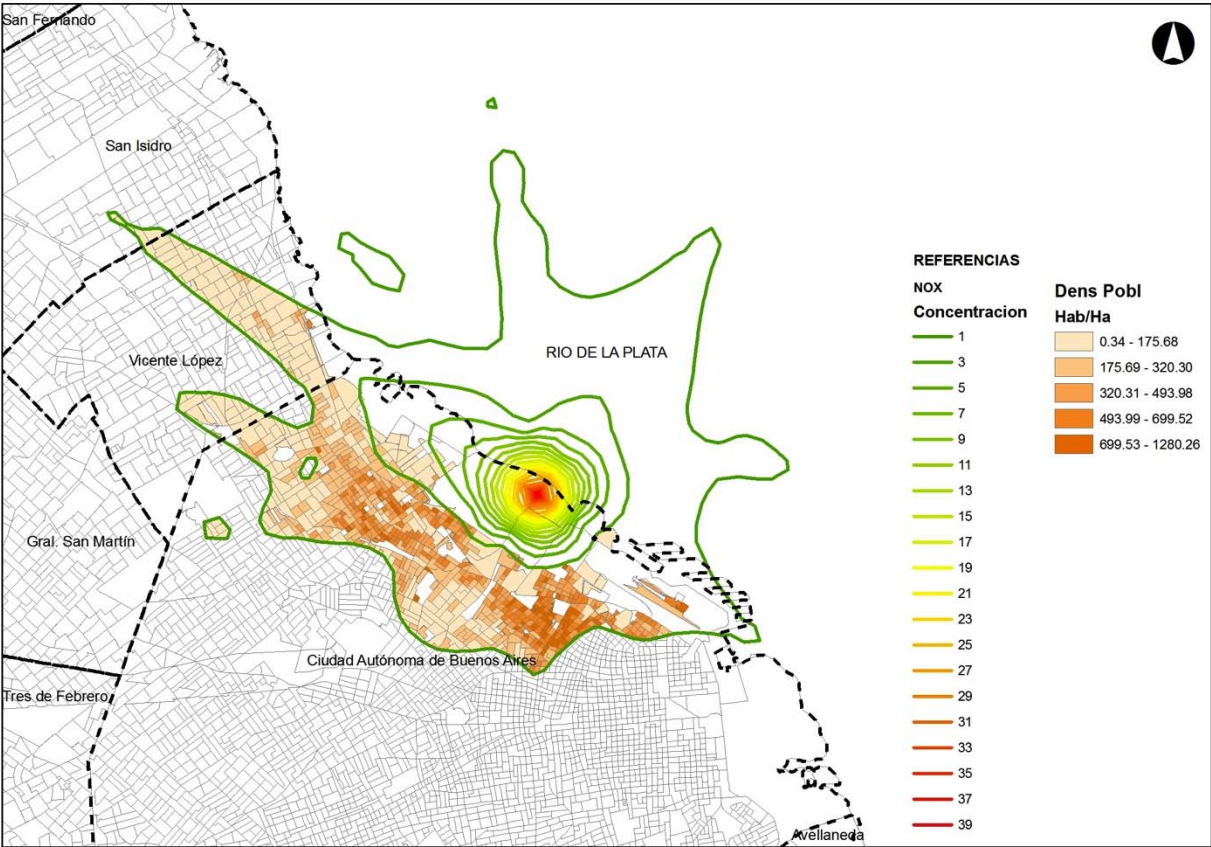


Figura 8. Población afectada por el NO_x, concentración en µg/m³.

Tabla 3. Población afectada por el NO_x.

POBLACIÓN AFECTADA POR EL NO _x			
Concentración (µg/m ³)	Partido	Poblaciónafectada	Áreaafectada (m ²)
1	Ciudad de Buenos Aires	607.300	22.345.450
	San Isidro	2.400	290.000
	Vicente Lopez	67.300	6.595.800
	Subtotal	677.000	29.231.250
3	Ciudad de Buenos Aires	19.800	1.448.500
	Subtotal	19.800	1.448.500
5	Ciudad de Buenos Aires	750	82.500
	Subtotal	750	82.500
TOTAL		697.550	30.762.250

Chapela, Puebla, D'Iorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

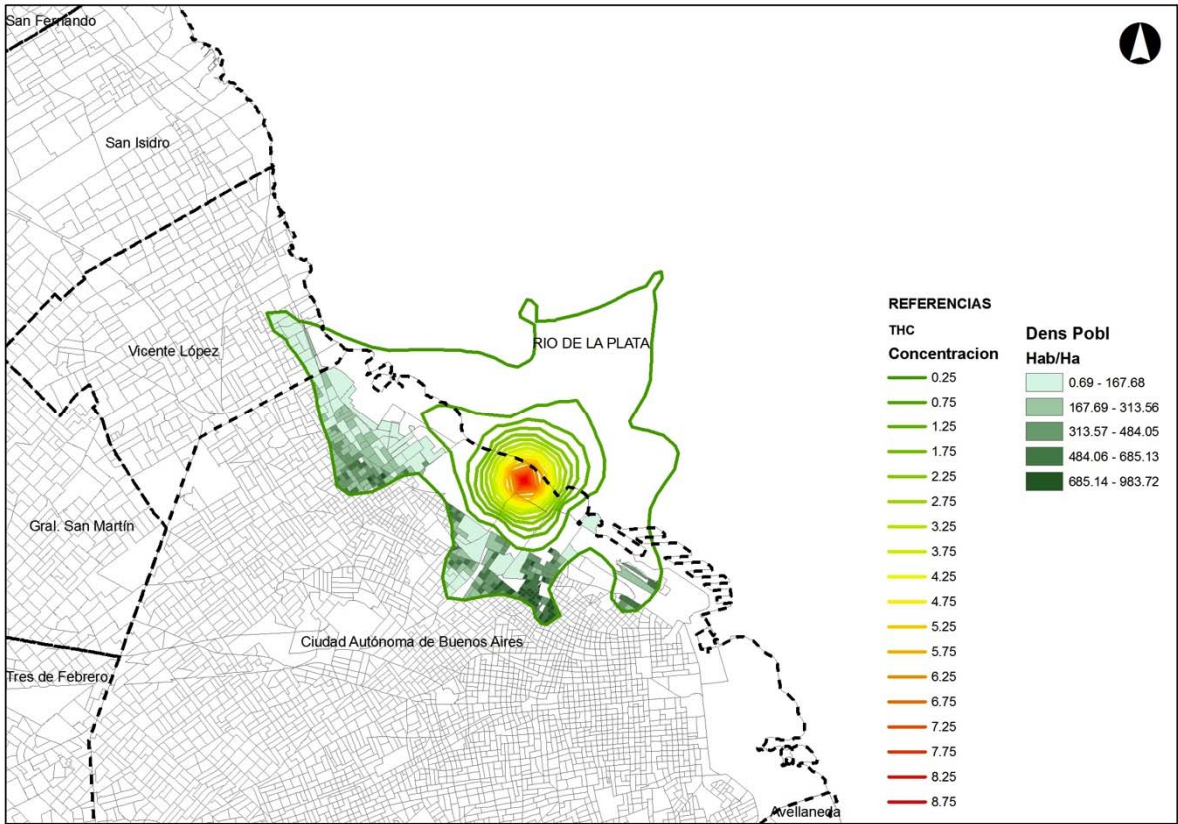


Figura 9. Población afectada por el HC, concentración en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 4. Población afectada por los HC.

POBLACIÓN AFECTADA POR LOS HC			
Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Partido	Poblaciónafectada	Áreaafectada (m^2)
0,25	Ciudad de Buenos Aires	228.980	9.025.300
	Vicente Lopez	7.400	888.300
	Subtotal	236.380	9.913.600
	TOTAL	236.380	9.913.600

Chapela, Puebla, D'Iorioy Di Bernardi - Contaminación gaseosa en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se evidencia que el CO₂ es el contaminante con mayor peso relativo entre los analizados. En el caso de los restantes, si bien las áreas y población afectada son valores que pueden considerarse significativos, la concentración de cada uno (CO, NO_x y CO) es baja. Más allá de esto, los análisis como el que se llevó a cabo en este trabajo son de primordial importancia para la gestión y manejo de los usos del suelo, además de la cuantificación de los contaminantes para verificar los niveles y su situación con respecto a los admitidos por la legislación pertinente.

Es evidente que la huella gaseosa depende fuertemente de las condiciones atmosféricas reinantes y de las características de la rugosidad del terreno, por lo que es indispensable contar con estos datos actualizados constantemente para poder llevar a cabo una comparación eficiente.

Los resultados obtenidos mediante estudios similares deben ser contemplados e incluidos en las normativas correspondientes a los usos del suelo, en los códigos urbanos locales, junto con los análisis de ruido, para evitar el crecimiento sin control de las manchas urbanas y eventualmente su afectación por ambos tipos de contaminación. De todas formas, es indispensable tomar medidas tendientes a la reducción progresiva de las fuentes de contaminación gaseosa derivadas de la operación de aeronaves.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que este es un análisis aislado, es decir, simplemente por la operación de una flota asociada a un aeropuerto. Es recomendable incluir estudios similares de aporte por la actividad terrestre, comercial, industrial, etc. para poder de esa manera cuantificar porcentualmente el nivel de la actividad aeronáutica frente al nivel total de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] U. S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Air Quality Assessment Division, March 2009, Aermol implementation guide.
- [2] Fagin, Guy T., May 1988, Manual Calculation Methods for Air Pollution Inventories. Occupational and Environmental Health Laboratory, United States Air Force.
- [3] Jagielski, Kurt D., O'Brien, Robert J., July 1994. Calculation Methods For Criteria Air Pollutant Emission Inventories. USAF Occupational and Environmental Health Directorate, Air Force Material Command, Brooks AFB, Texas.
- [4] Moss, Michael T., Segal, Howard M., June 1994, The Emissions and Dispersion Modeling System (EDMS): Its Development and Application at Airports and Air Bases. Published by Air & Waste Management Association, Vol. 44.
- [5] Penner, J., et al, "Aviation and the Global Atmosphere: A special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Cambridge University Press, junio de 1999.
- [6] Ludevid Anglada, M., "El cambio global en el medio ambiente, introducción a sus causas humanas". Alfaomega, 1997.
- [7] Conesa Fernández-Vitora, V., "Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental". Ediciones Mundi-Prensa, 1997.

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE AEROPUERTOS EMPLAZADOS EN GRANDES URBES

Matías Coppa^a, Esteban Maddonni Brito^a, Gabriel Ramírez^a, Nahuel Tomassini^a, Pablo Di Gregorio^a

^aDepartamento Aeronáutica, Facultad de Ingeniería UNLP, Calles 1 y 47, 1900 La Plata, Argentina.

Tel/fax: 0054 221 4236679

Grupo de Transporte Aéreo GTA- Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

matias.coppa@gmail.com

RESUMEN:

Al momento del presente desarrollo existen aproximadamente 45.000 campos de vuelo en todo el mundo, una porción importante de ellos fueron emplazados próximos a ciudades que cuyo posterior desarrollo generó una situación limitante para con el crecimiento del propio aeródromo o aeropuerto.

El presente trabajo tiene como objeto realizar un análisis comparativo de éstos, relacionando las características operacionales y de su entorno próximo.

Se considera aeropuerto de ciudad a aquellos que presentan su desarrollo inmerso en la trama urbana de la metrópolis a la que sirven.

Se analizarán los distintos aeropuertos respecto a su emplazamiento en las distintas regiones, cantidad de pasajeros, operaciones al año, configuraciones de pista y características urbanas de la ciudad entre otros parámetros de relevancia.

Por último, se profundizará el análisis en Latinoamérica, destacando entre otras cosas, los países que poseen mayor número de aeropuertos de esta índole.

De la comparación surgirán cuestiones relacionadas con las estrategias de desarrollo adoptadas por las diversas Autoridades de aplicación en función de la disponibilidad de recursos y criterios definidos.

ABSTRACT

The aim of this publication is to carry out a basic description associated with the operational and environmental characteristics of airports developed within urban settings.

To begin with, "city airports" are identified at a worldwide level. Summarizing characteristic information of each of these airports, they are classified with respect to their location, capacity, operating features and cities which they serve.

A comparative analysis of this type of airports, according to their location in different regions, passengers handled per year, runway configurations, urban characteristics of the city they serve, among others, is performed.

To finish with, an in depth analysis is carried out in Latin America, highlighting the countries where the larger numbers of "city airports" are found.

Palabras clave: Aeropuertos, ciudades, entorno, expansión

INTRODUCCIÓN

Hasta principios del 2013 en el mundo había cerca de 44.900 campos de vuelo[1], entendiendo como campo de vuelo todo aquel aeropuerto, aeródromo o sitio apto para el despegue y aterrizaje de aeronaves, sin importar el tipo de suelo o el estado de situación del aeropuerto.

Solo el 36% de estos campos de vuelo poseen pistas con superficie de asfalto. A continuación se muestra la distribución en el mundo de los aeropuertos con dichas características:

Maddonni, Coppa, Ramírez, Tomassini, Di Gregorio, Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en grandes urbes

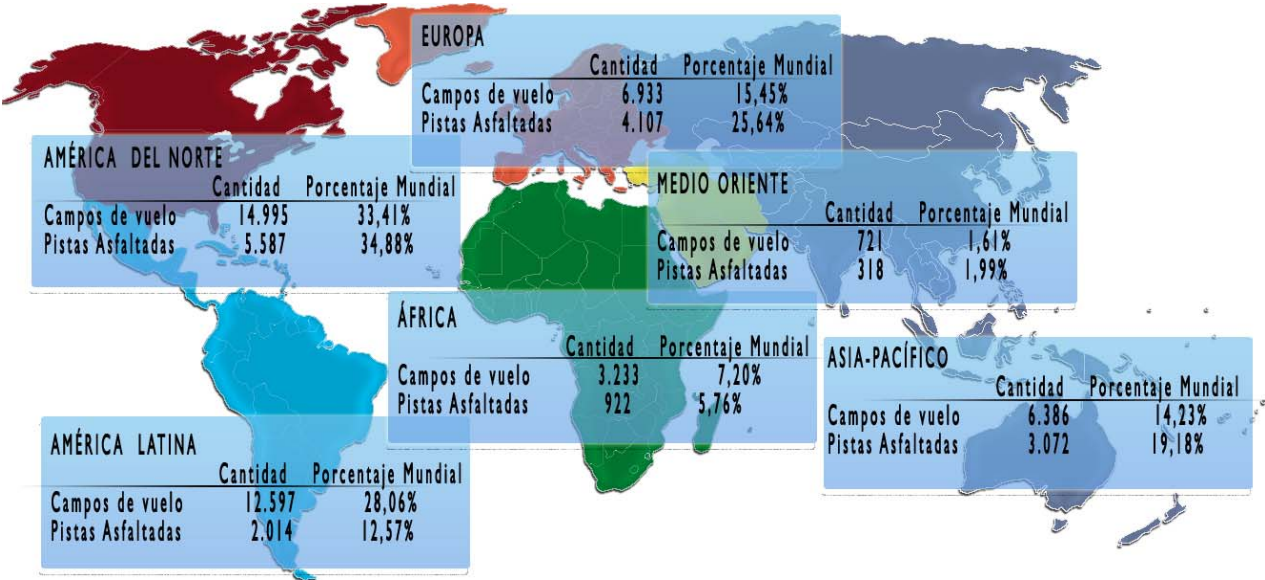


Figura 1.Distribución de campos de vuelo en el mundo.

De la totalidad de campos de vuelo con pistas asfaltadas, solo el 48% poseen código IATA o ICAO de identificación,alcanzando un total de 7.780 aeropuertos,se representa a continuación la distribución según las distintas regiones:

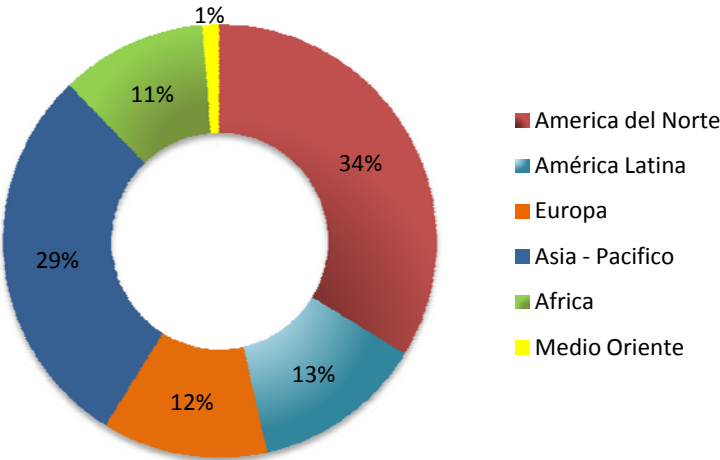


Figura 2.Aeropuertos con código de identificación en el mundo.

Por otro lado, en el transcurso de 2012, en los 150 aeropuertos con mayor tráfico del mundo se alcanzaron los 3.710 millones de pasajeros transportados [2]. Se muestra a continuación la distribución del tráfico de pasajeros por regiones alcanzado en dicho año:

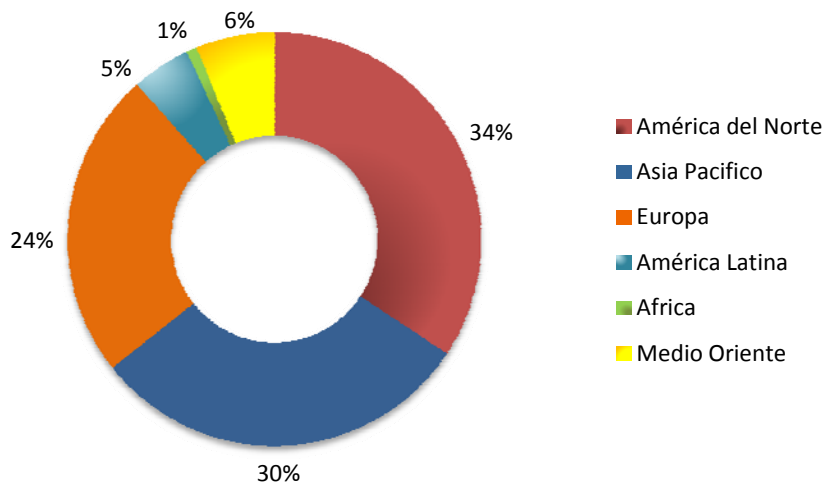


Figura 3. Distribución de Pasajeros/año según regiones.

Habitualmente los aeropuertos en general se emplazan relativamente alejados de los grandes núcleos urbanos, no obstante ello, con el paso de los años y en función de su crecimiento y su consecuente incremento en los requerimientos de puestos laborales y servicios, han promovido el avance y desarrollo de la o las ciudades próximas.

Dicha situación se ha transformado hoy en día en uno de los mayores problemas que padecen este tipo de aeropuertos, generando restricciones a su propio desarrollo por la limitación en su capacidad de expansión para hacer frente al constante aumento de tránsito de pasajeros y/o carga.

Asimismo, una vez alcanzado el total desarrollo de la ciudad sobre el entorno próximo del aeropuerto, surge un nuevo inconveniente, transformándose en esta instancia el aeropuerto en un obstáculo para el desarrollo de la ciudad, incidiendo negativamente en la aceptación social por parte de la comunidad, contaminación acústica, gaseosa y seguridad operacional.

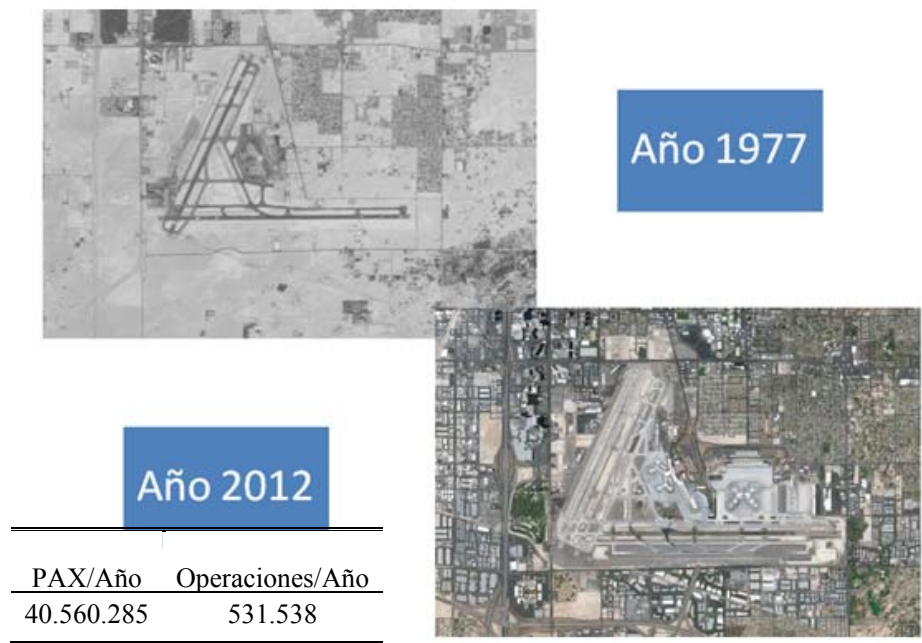


Figura 4. Aeropuerto Internacional McCarran, Las Vegas, Estados Unidos, Datos 2011

Existen diversas formas para definir lo que se comprende por un aeropuerto urbano o "CityAirport". Para el estudio realizado, la definición adoptada fue la siguiente:

"Todo aeropuerto emplazado en el seno de una población, cuya expansión a futuro, en términos de número de pistas, implique necesariamente una alteración de la población circundante".

De dicha definición se detallan algunas observaciones:

- 1. Al hablar de expansión en términos de número de pistas, se refiere al hecho de la construcción de una nueva pista paralela, independiente y cuya longitud no sea menor que la pista más larga ya existente.
- 2. Existen casos extremos donde el aeropuerto está rodeado por una ciudad, pero, a su vez, también por la orografía, afluentes, ríos u océanos. Estos casos también son considerados aeropuertos urbanos.

De acuerdo con lo anterior, a modo de ejemplo se incluye la Figura 4, la cual resulta un claro ejemplo de aeropuerto cuyo desarrollo se ve limitado por la población que lo rodea.



PAX/Año	Operaciones/Año
57.744.554	646.803

Figura 5.Aeropuerto Internacional de Dallas/Fort Worth, Estados Unidos, 2011.

METODOLOGÍA.

La metodología aplicada para la caracterización de los aeropuertos city fue, en una primer instancia y mediante el uso de información disponible en internet, la realización de un relevamiento integral en el que se recolecte la totalidad de campos de vuelo existentes en el mundo que entran bajo esta clasificación junto con la información asociada a los mismos que permitan analizar las principales características y su entorno asociado.

Una vez identificados todos los aeropuertos urbanos en el mundo, se los analizó por separado contemplando los siguientes ítems: Coordenadas (longitud, latitud, elevación), tipo de aeropuerto (Civil, Civil y Militar, Militar), cantidad de pasajeros, operaciones y carga anual procesada, número y configuración del subsistema de pistas y sus características físicas asociadas.

Cabe destacar que, con objeto de limitar el presente estudio, solo se analizaron aquellos campos de vuelo cuyo subsistema de pistas se encuentre pavimentado.

Al mismo tiempo, a fin de poder realizar una caracterización de la ciudad en la cual el aeropuerto se encuentra emplazado, se relevaron los principales datos de la misma (cantidad y densidad de población, índice de desarrollo humano entre otros de relevancia).

Para todo ello se considera aplicable la información obtenida en la páginas web de los administradores de los aeropuertos analizados y organismos gubernamentales responsables de la regulación de los mismos. Cualquier información obtenida en la red que pueda ser objetada o desmentida no ha sido tenido en cuenta con el fin de poder brindar una mayor certeza en la información.



Figura 6. Metodología empleada en la realización del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han encontrado un total de 911 "City Airports", distribuidos en las distintas regiones del globo según las siguientes proporciones:

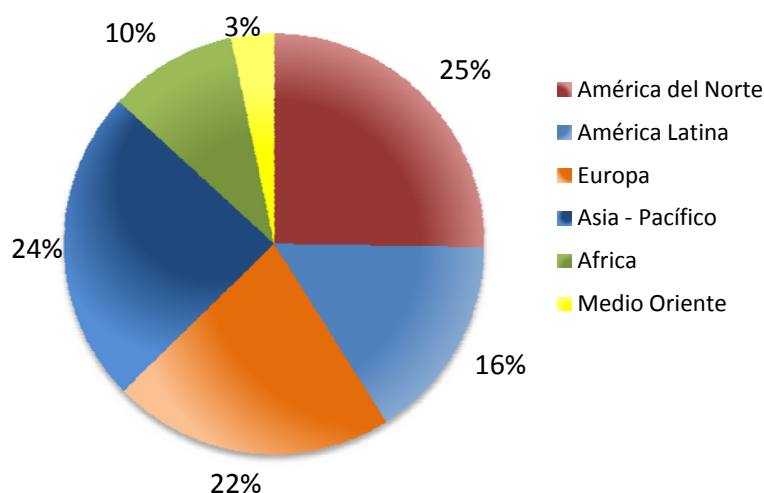


Figura 7. "City Airports" por regiones.

Maddonni, Coppa, Ramírez, Tomassini, Di Gregorio, Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en grandes urbes

Entre la totalidad de los aeropuertos, cabe destacar que 9 de los 10 aeropuertos de mayor tránsito de pasajeros en el mundo[3], según datos de 2012 podrían incluirse dentro de la categoría de "CityAirports", siendo la única excepción el aeropuerto de París "*Charles de Gaulle*".

Se debe hacer especial hincapié en Estados Unidos, dado que es el país con mayor número de aeropuertos urbanos en el mundo, dato que no es de extrañar dado el número de campos de vuelo existentes y el gran desarrollo de sus ciudades. Estados Unidos posee 13.513 campos de vuelo [1], siendo Brasil el siguiente en esta lista con 4.093. La gran mayoría de estos aeropuertos urbanos son lo que la Federal Aviation Administration (FAA) denomina como "*Reliever Airports*". En otras palabras, son aeropuertos designados para descongestionar los principales aeropuertos comerciales y para brindar a la comunidad un mejor acceso a la aviación general; por ende, su ubicación dentro de los núcleos de población.

Como dato característico, la ciudad de Los Ángeles es el conglomerado poblacional con mayor número de aeropuertos urbanos, contabilizándose al momento de desarrollo del presente un total de 11.

La Figura 8 muestra los aeropuertos urbanos agrupados según el carácter (civil, militar o civil-militar) de las operaciones que se desarrollan principalmente en sus instalaciones:

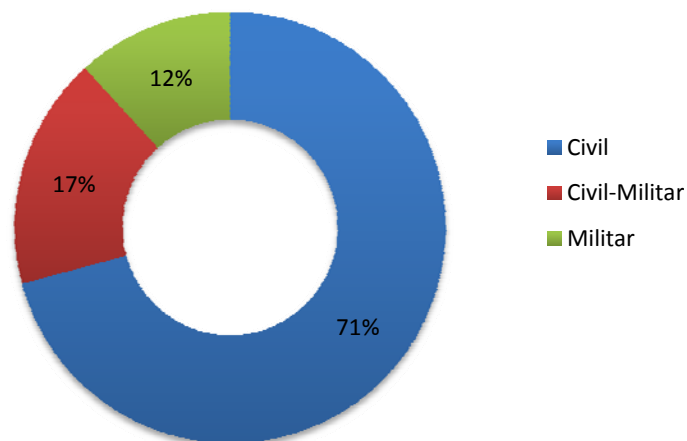


Figura 8. "City Airports" según carácter de las operaciones involucradas.

Como se puede apreciar, la gran mayoría de los aeropuertos operan únicamente con tráfico civil. Desde su concepción estratégica, la ubicación de los aeropuertos civiles difiere de aquella de los militares. Para los primeros, se busca que estén próximos a las ciudades que han de servir, de forma tal de evitar, entre otras cosas, largos traslados al pasajero. En muchos de los aeropuertos analizados, su cercanía con la ciudad en el momento de su construcción dio lugar a que años más tarde se vieran rodeados por la misma. En cuanto a los "City Airports" militares se refiere, debe señalarse que la mayor cantidad de ellos se encuentran en China.

Si analizamos el subsistema de pistas de cada uno de los aeropuertos y los agrupamos en función del número, surge la Figura 8; de la cual es posible observar que la mayoría de los campos de vuelo existentes disponen de una configuración de pista única.

No obstante lo anterior, también se puede apreciar algunos casos extremos en los que existe una configuración de hasta 6 y 7 pistas, estos casos se corresponden con los grandes aeropuertos de Boston, Chicago, Dallas, Detroit y Amsterdam.

Maddonni, Coppa, Ramírez, Tomassini, Di Gregorio, Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en grandes urbes

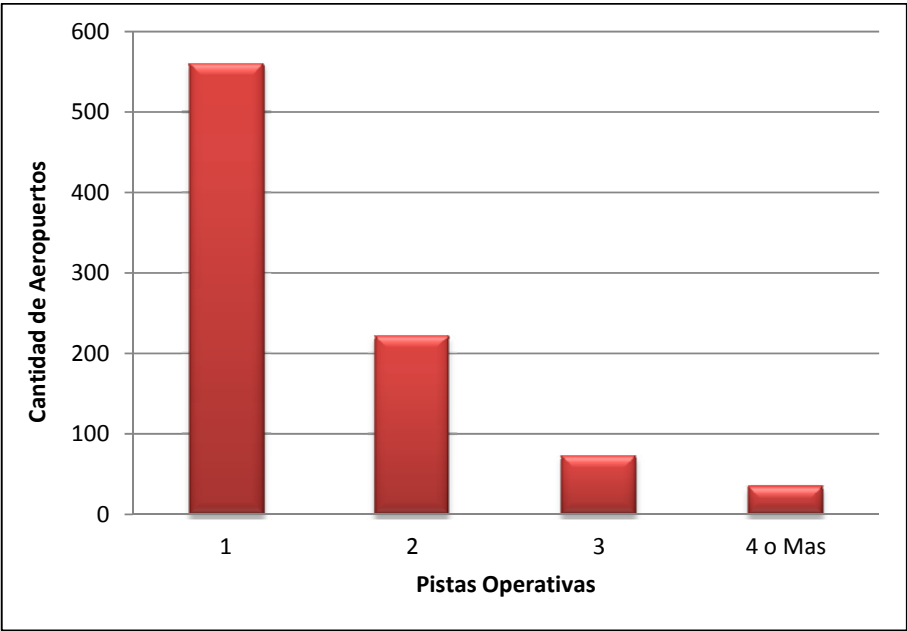


Figura 9."City Airports" según número de pistas operativas que poseen.

En cuanto a datos de tráfico de pasajeros y operaciones aéreas se refiere, el acceso a dicha información se encuentra limitado dado que no todos los organismos responsables de los aeropuertos la hacen pública, ya sea por parte del gobierno o aquellas empresas encargadas de la concesión. Aun así, en base a una muestra de 558 aeropuertos de los 911 hallados, se desprende que la mayoría de ellos maneja un tráfico anual de pasajeros inferior a 5 millones por año. [3][4]

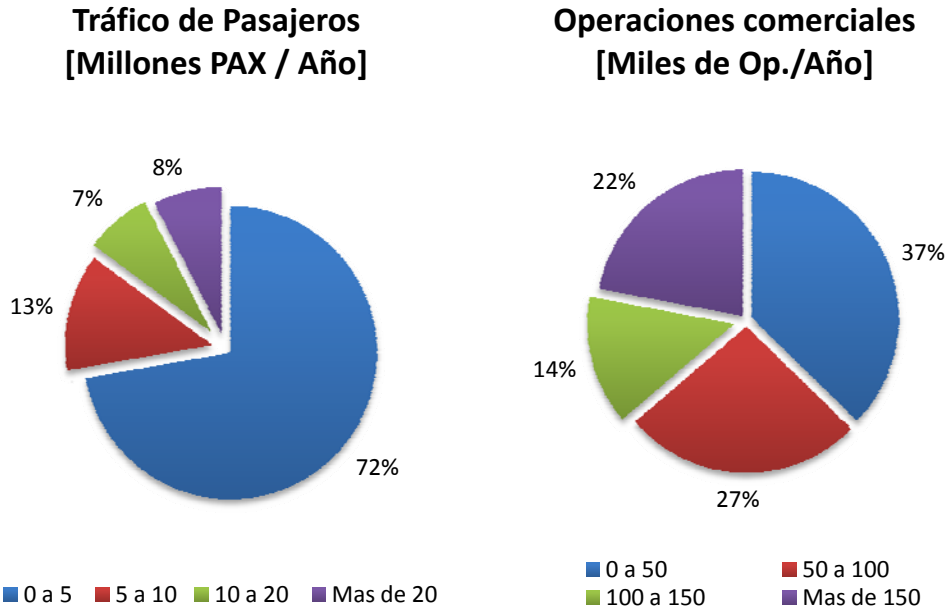


Figura 10."City Airports" según número de pasajeros transportados."City Airports" según número de operaciones realizadas. 2011-2012

Otro dato de interés supone evaluar cuan grandes son, en términos de población, las ciudades donde se encuentran emplazados este tipo de aeropuertos.[5]

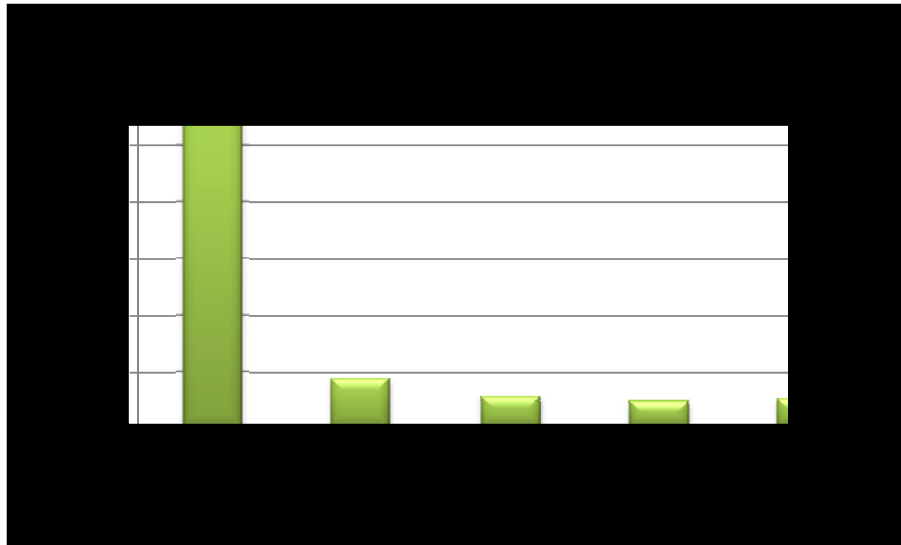


Figura 11. "City Airports" según población de las ciudades en las que se ubican.

Del estudio realizado, también se desprende que la gran mayoría de este tipo de aeropuertos se encuentra emplazados en países donde el Producto Bruto Interno (PBI) y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) adoptan valores elevados.

El IDH, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), es un indicador social estadístico basado en tres parámetros: Salud, Educación y Riqueza. A continuación, en la Figura 12 se muestran el número de aeropuertos según el nivel de IDH correspondiente al país al que pertenecen. Nótese que los rangos de IDH se corresponden con los establecidos por las Naciones Unidas.[5]

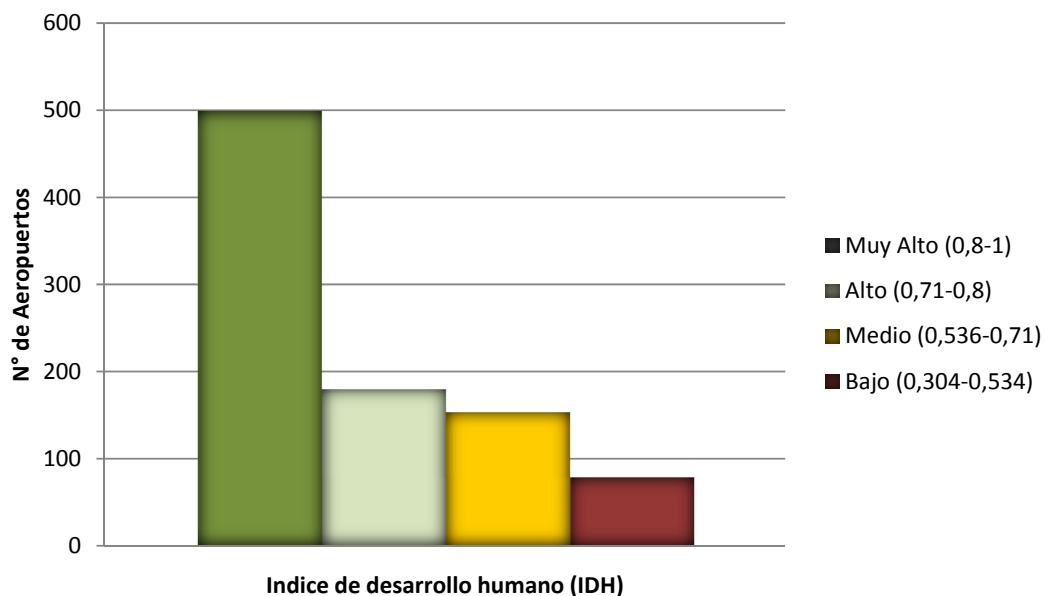


Figura 12. "City Airports" según el IDH del país al que pertenecen.

Al estar limitada su posibilidad de expansión, de forma tal de poder hacer frente a la demanda de tráfico de pasajeros creciente, varios de los "City Airports" han ido cerrando con el paso del tiempo, transfiriendo sus operaciones a otros aeropuertos, de dimensiones mayores y distanciados del núcleo

Maddonni, Coppa, Ramírez, Tomassini, Di Gregorio, Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en grandes urbes

urbano. En concreto, de la totalidad de los aeropuertos analizados, 22 ya han cerrado y otros 4 están en proceso de hacerlo.

Ahora bien, en el caso de Latinoamérica, según se ha visto en la Figura 6, los aeropuertos urbanos encontrados representan un 16% del total, en concreto, 144 de los 911 aeropuertos hallados. Estos a su vez se encuentran divididos en los siguientes países:

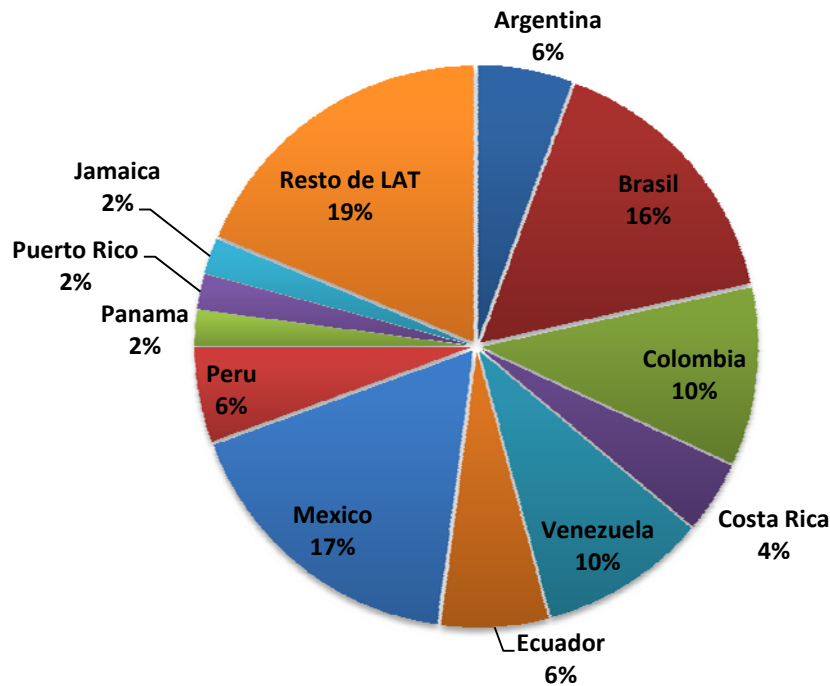


Figura 13. "City Airports" en Latinoamérica.

Como se observa, Brasil y México acaparan el mayor número de aeropuertos urbanos en Latinoamérica. Así como sucedía a escala global, también en Latinoamérica los aeropuertos de mayor tráfico de pasajeros caen dentro de la categoría de "City Airports". Estos son, según datos de 2012 (2), los siguientes:

Nótese que estos aeropuertos se localizan en las áreas metropolitanas más pobladas de Latinoamérica.

1. Aeropuerto Internacional de São Paulo-Guarulhos (San Pablo, Brasil).
2. Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (Ciudad de México, México).
3. Aeropuerto Internacional El Dorado (Bogotá, Colombia).
4. Aeropuerto Internacional de Galeão (Río de Janeiro, Brasil).
5. Aeropuerto de São Paulo-Congonhas (San Pablo, Brasil).

Maddonni, Coppa, Ramírez, Tomassini, Di Gregorio, Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en grandes urbes



PAX/Año	Operaciones/Año
30.003.428	270.600

Figura 14. Aeropuerto Internacional de São Paulo-Guarulhos, Brasil, Escenario 2011.

Por último, el comportamiento en cuanto a tráfico de pasajeros por año se refiere de los "City Airports" en Latinoamérica es idéntico al del resto del planeta.

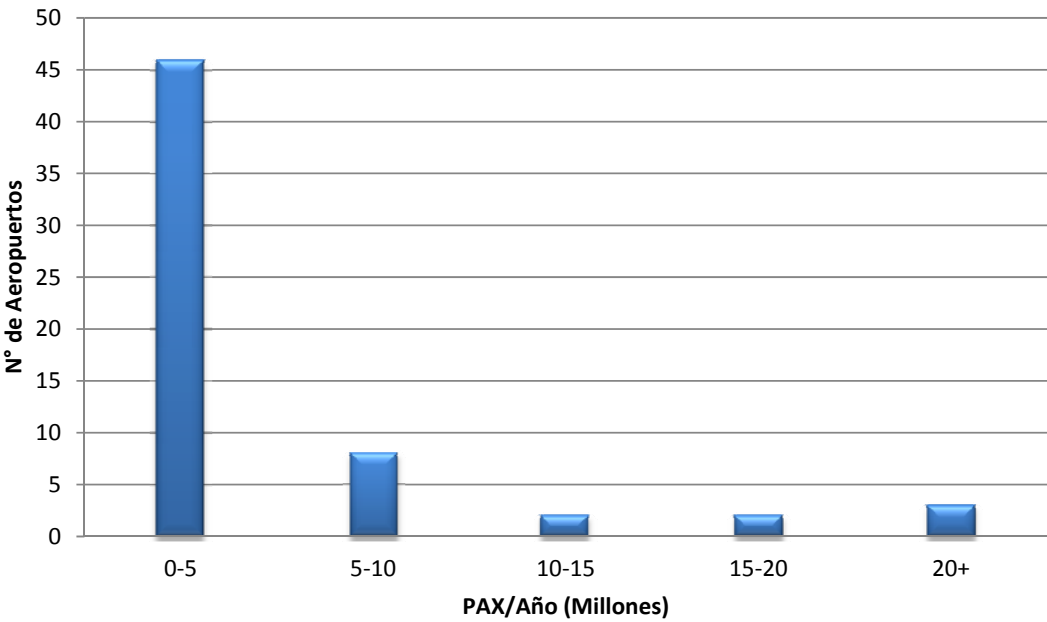


Figura 15. "City Airports" en Latinoamérica según número de pasajeros transportados.

CONCLUSIONES.

Respecto a la distribución de cantidad de campos de vuelo, y aeropuertos comerciales en las distintas regiones del mundo, se observa como América del Norte de los 15.000 campos de vuelo solo el 17% (2.600) son aeropuertos con código de identificación comercial. Es importante notar como Asia-Pacífico, que cuenta con el 14% de los campos de vuelo en el mundo y el 35 % de ellos son aeropuertos comerciales, se contrasta con la situación de América Latina que de casi el 30% de los campos de vuelo (12.600) solo el 8% (1.000) pueden clasificarse como aeropuertos comerciales de pasajeros y carga.

Otra característica importante es el tráfico de pasajeros, se observa como Europa con menos aeropuertos comerciales que América Latina, maneja el 24 % de los pasajeros a nivel mundial (900 millones de pasajeros de los 200 Aeropuertos con mayor tráfico). Aquí es donde se evidencia un mejor aprovechamiento de la infraestructura existente.

Respecto al emplazamiento de Aeropuertos city, se observa una distribución pareja de Europa, Asia-Pacífico y América del Norte (71% entre las 3 regiones). Teniendo en cuenta que más del 70 % son aeropuertos civiles, en su mayoría posean una pista y manejan menos de 5 millones denota que tipo de aeropuertos se encuentran en una situación crítica ante un futuro crecimiento.

De los 911 aeropuertos city (11 % respecto de los 7.780 aeropuertos comerciales en el mundo), se encontró que un total de 22 aeropuertos a día de hoy han dejado de operar y 4 están próximos a hacerlo. Entre las razones que llevaron al cierre de los mismos se pueden encontrar los siguientes denominadores comunes:

- Carencia de espacio para poder expandirse y hacer frente al aumento de la demanda del tráfico aéreo.
- Seguridad Operacional asociada con las fases de despegue y aterrizaje de la aeronave así como del movimiento de las mismas en tierra.

En la gran mayoría de estos casos, el cierre del aeropuerto viene precedido de la construcción de otro, de mayores prestaciones y alejado de la ciudad. Como ejemplos se pueden citar los casos de Berlin-Templehof, cerrado en 2008, y Berlin-Tegel, próximo a cerrar, cuyo tráfico ha sido y será absorbido por el aeropuerto de Berlin-Schönefeld. Cabe destacar que si bien la existencia de este último aeropuerto se remonta a los años 20, el mismo ha sufrido enormes cambios en su infraestructura a lo largo de los últimos años, entre las que se destacan la construcción de nuevas terminales y una nueva pista.

Por otro lado, de mantenerse el crecimiento demográfico a nivel mundial, traducido en la expansión de ciudades, es de esperar que conforme avancen los años, el número de "City Airports" incremente considerablemente en número.

REFERENCIAS

- [1] The World Factbook, 2013-14. Washington, DC: Central Intelligence Agency, 2013.
- [2] Flight global, "Special Report: Airports Ranking 2013", Airlines Business, Mayo 2013.
- [3] Airports Council International, "World Traffic Report 2010", ACI World, August 2011.
- [4] Airports Council International, "Preliminary 2012 World Airport Traffic and Rankings", Montréal, Québec, Canada, 26 March 2013.
- [5] Demographia, "Demographia World Urban Areas", 9th Annual Edition, 2013.
- [6] U.S. Department of Transportation, "Administrator's Fact Book", Federal Aviation Administration, Enero 2013
- [7] Federal Aviation Administration (FAA).
- [8] United Nations Development Programme, "Human Development Report 2013", 2013.

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE AEROPUERTOS EMPLAZADOS EN ZONAS COSTERAS

Matías Coppa^a, Agustina García^a, Gabriel Ramírez^a, Esteban Maddonni Brito^a, Pablo Di Gregorio^a

^aGrupo de Transporte Aéreo GTA- Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina
matias.coppa@gmail.com

RESUMEN:

Al momento del presente desarrollo existen aproximadamente 45.000 campos de vuelo en todo el mundo, una porción importante de ellos fueron emplazados en zonas costeras.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un estudio comparativo entre los principales parámetros y características de los aeródromos y aeropuertos emplazados sobre la línea de costa.

Se considerarán como aeródromos o aeropuertos costeros aquellos campos de vuelo que presentan desarrollo sobre la línea de costa y que en caso de necesidad de ampliación de su infraestructura requieran ganar terreno por relleno costero; descartándose del análisis aquellos que no cumplan con ambas condiciones.

Se analizarán las principales características operativas y del entorno asociado considerándose factores como: movimientos de pasajeros transportados, operaciones de aeronaves, configuración y características de las pistas, características sociales, económicas y productivas de la población asociada y algunos indicadores específicos desarrollados entre otros factores de relevancia.

De la comparación surgirán cuestiones relacionadas con las estrategias de desarrollo adoptadas por las diversas Autoridades de aplicación en función de la disponibilidad de recursos y criterios definidos.

ABSTRACT

The aim of this work is to carry out a basic description associated with the operational characteristics and environment of airports sited in coastal areas.

In a first identifies all coastal airports in the world. Summarizing characteristic information of each, are classified according to their location, capacity, operating characteristics and cities which provide service to perform comparisons on all airports found.

The coastal airports analyzed, are those with development on the waterfront and airways, associated with landing or takeoff operations, are influenced its proximity to the coast. Are discarded from the analysis those airports located in coastal cities that do not comply with this condition

We performed a comparative analysis of the different airports for their location in the different regions, number of passenger volume, year, track configurations, urban characteristics of the city they serve, among others.

Palabras clave: Aeropuertos, costa, entorno, expansión

INTRODUCCIÓN

Hasta principios del 2013 en el mundo había cerca de 44.900 campos de vuelo [1], entendiendo como campo de vuelo todo aquel aeropuerto, aeródromo o sitio apto para el despegue y aterrizaje de aeronaves, sin importar el tipo de suelo o el estado de situación del aeropuerto.

Solo el 36% de estos campos de vuelo poseen pistas con superficie de asfalto. A continuación se muestra la distribución en el mundo de los aeropuertos con dichas características:

Coppa, García, Ramírez, Maddonni, Di Gregorio - Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en zonas costeras

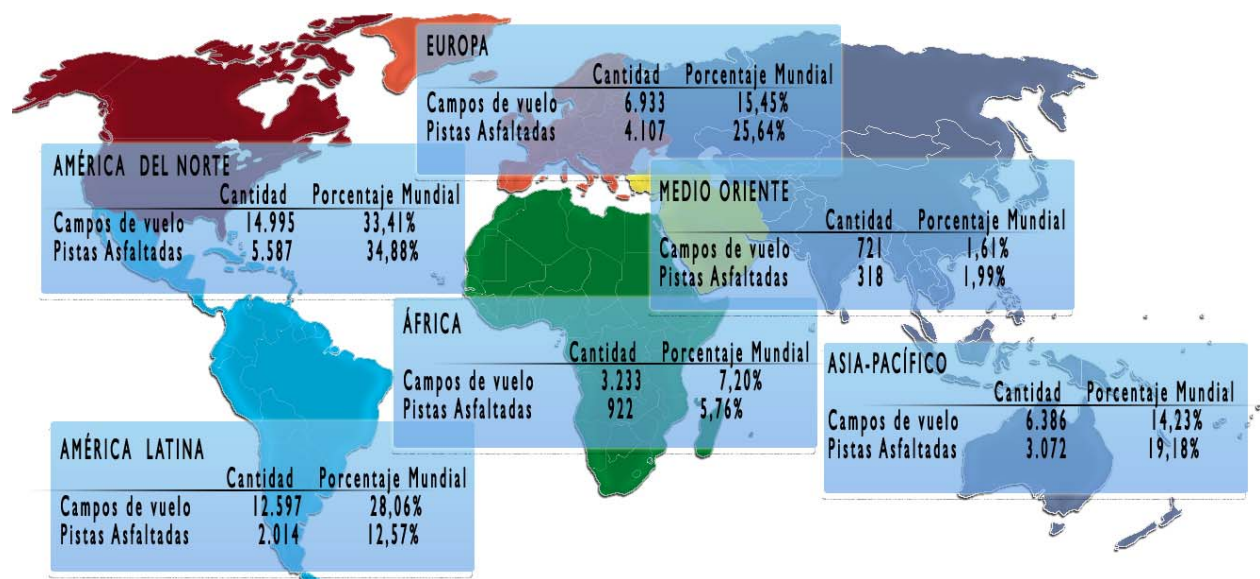


Figura 1. Distribución de campos de vuelo en el mundo

De la totalidad de campos de vuelo con pistas asfaltadas, solo el 48% poseen código IATA o ICAO de identificación, alcanzando un total de 7.780 aeropuertos, se representa a continuación la distribución según las distintas regiones:

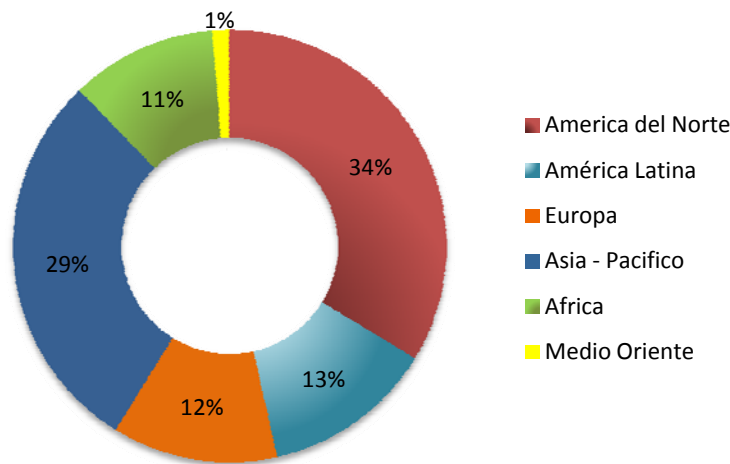


Figura 2. Aeropuertos con código de identificación en el mundo.

Por otro lado, en el transcurso de 2012, en los 150 aeropuertos con mayor tráfico del mundo se alcanzaron los 3.710 millones de pasajeros transportados [2]. Se muestra a continuación la distribución del tráfico de pasajeros por regiones alcanzado en dicho año:

Coppa, García, Ramírez, Maddonni, Di Gregorio - Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en zonas costeras

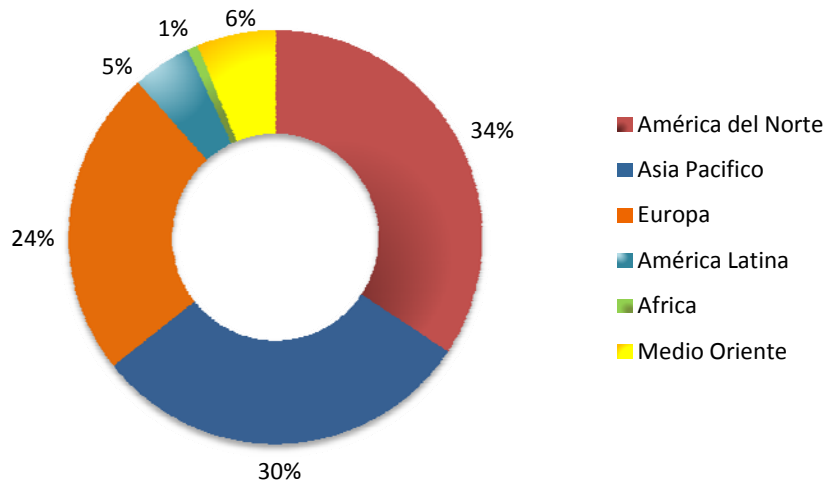


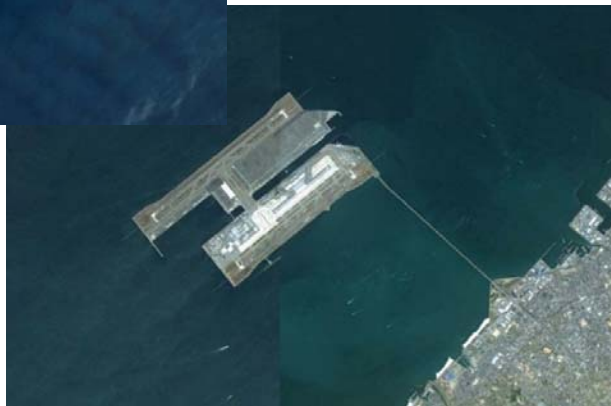
Figura 3. Distribución de pasajeros año según regiones

Los aeropuertos costeros que se analizan, son aquellos que actualmente presentan desarrollo sobre la línea de costa y que en caso de necesidad de ampliación de su infraestructura requieran ganar terreno por relleno costero o bien se han desarrollado en forma de península o aeroisla. Se ha analizado a su vez aquellos aeropuertos que ante una futura limitación en su capacidad una de las opciones de crecimiento es sobre la línea de costa. Se descartan del análisis aquellos aeropuertos ubicados en ciudades costeras que no cumplan con esta condición.

A modo de ejemplo, se muestra a continuación algunos de los aeropuertos costeros encontrados en el mundo:



Aeropuerto Internacional Niza Costa Azul	
Pasajeros/Año (2012)	Operaciones/Año (2012)
11.222.042	176.402



Aeropuerto Internacional de Kansai		
Pasajeros/Año (2012)	Operaciones/Año (2012)	Carga [Tn.] (2012)
13.857.000	107.791	759.278

Figura 4. Ejemplo de Aeropuertos Costeros en el mundo.

Coppa, García, Ramírez, Maddonni, Di Gregorio - Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en zonas costeras

METODOLOGÍA.

La metodología aplicada para la caracterización de los aeropuertos costeros fue, en una primer instancia y mediante el uso de información disponible en internet, la realización de un relevamiento integral en el que se recolecte la totalidad de campos de vuelo existentes en el mundo que entran bajo esta clasificación junto con la información asociada a los mismos que permitan analizar las principales características y su entorno asociado.

Una vez identificados todos los aeropuertos urbanos en el mundo, se los analizó por separado contemplando los siguientes ítems: Coordenadas (longitud, latitud, elevación), tipo de aeropuerto (Civil, Civil y Militar, Militar), cantidad de pasajeros operaciones y carga anual procesada, número y configuración del subsistema de pistas y sus características físicas asociadas.

Cabe destacar que, con objeto de limitar el presente estudio, solo se analizaron aquellos campos de vuelo cuyo subsistema de pistas se encuentre pavimentado.

Al mismo tiempo, a fin de poder realizar una caracterización de la ciudad en la cual el aeropuerto se encuentra emplazado, se relevaron los principales datos de la misma (cantidad y densidad de población, índice de desarrollo humano entre otros de relevancia).

Para todo ello se considera aplicable la información obtenida en las páginas web de los administradores de los aeropuertos analizados y organismos gubernamentales responsables de la regulación de los mismos. Cualquier información obtenida en la red que pueda ser objetada o desmentida no ha sido tenida en cuenta con el fin de poder brindar una mayor certeza en la información.



Figura 5. Metodología empleada en la realización del estudio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han encontrado un total de 224 “aeropuertos costeros”, distribuidos en las distintas regiones del globo según las siguientes proporciones:

Coppa, García, Ramírez, Maddonni, Di Gregorio - Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en zonas costeras

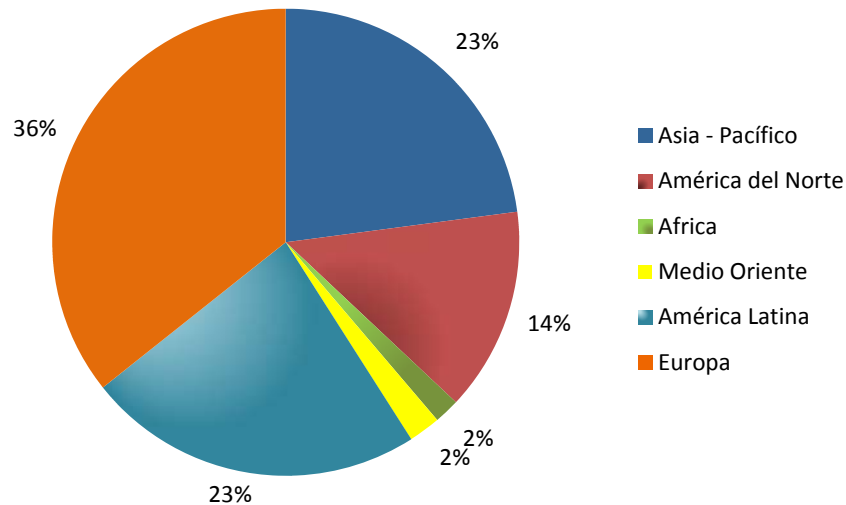


Figura 6. Aeropuertos costeros por regiones

Es importante observar que Europa, una de las regiones con menos superficie de tierra disponible, resulta la región con mayor cantidad de aeropuertos costeros, existiendo a la fecha cerca de 80 aeropuertos con estas características.

La Figura 6 muestra los aeropuertos costeros agrupados según el carácter (civil, militar o civil-militar) de las operaciones que se desarrollan principalmente en sus instalaciones:

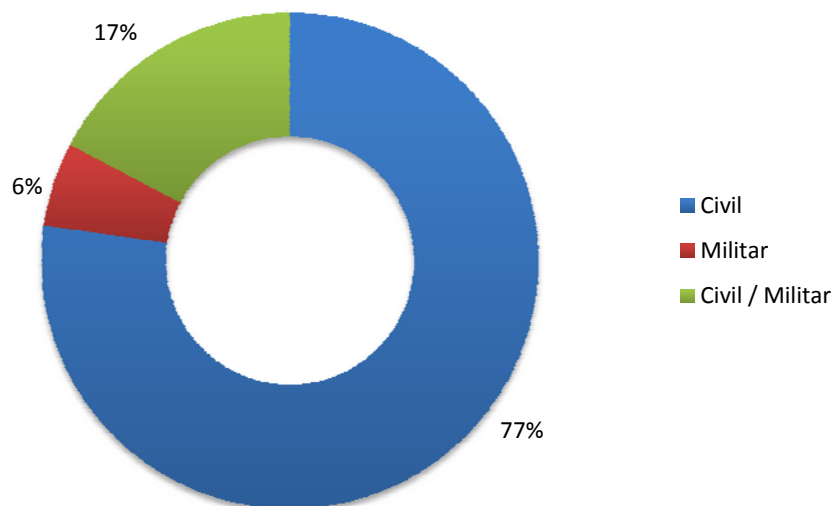


Figura 7. Aeropuertos costeros según tipo de operaciones.

Si analizamos el subsistema de pistas de cada uno de los aeropuertos y los agrupamos en función del número, surge la Figura 7; de la cual es posible observar que la mayoría de los campos de vuelo existentes disponen de una configuración de pista única.

No obstante lo anterior, también se puede apreciar algunos casos extremos en los que existe una configuración de 4 y 6 pistas, estos casos se corresponden con los grandes aeropuertos que, a excepción del aeropuerto Tokio- Haneda, se encuentran en su totalidad en ciudades estadounidenses (New York, San Francisco, Philadelphia, Boston, Oakland, Honolulu).

Coppa, García, Ramírez, Maddonni, Di Gregorio - Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en zonas costeras

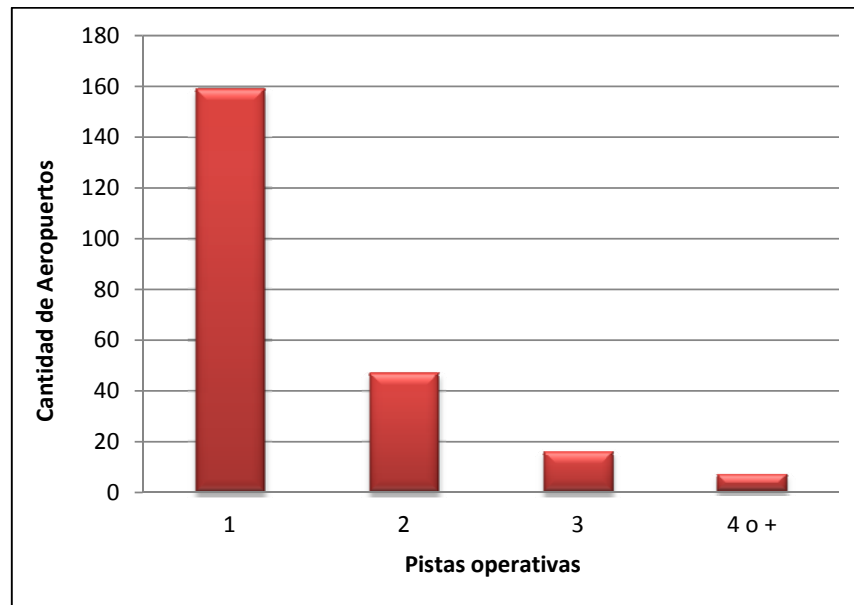


Figura 8. Aeropuertos costeros según la cantidad de pistas operativas.

En cuanto a datos de tráfico de pasajeros y operaciones aéreas se refiere, el acceso a dicha información se encuentra limitado dado que no todos los organismos responsables de los aeropuertos la hacen pública, ya sea por parte del gobierno o aquellas empresas encargadas de la concesión. Aun así, en base a una muestra de los 224 aeropuertos, se desprende que la mayoría de ellos maneja un tráfico anual de pasajeros inferior a 5 millones por año. [3][4]

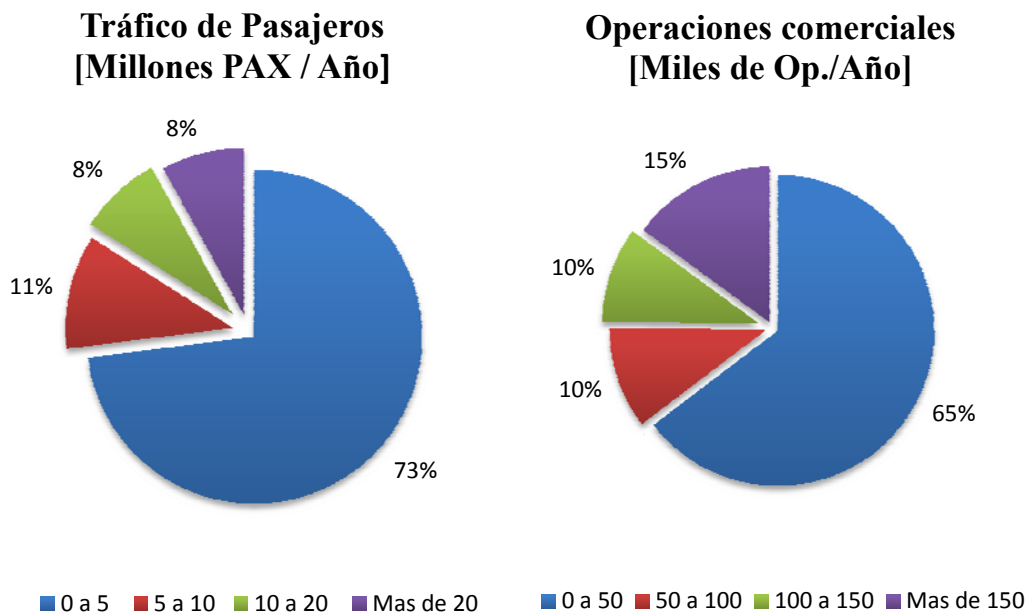


Figura 9. a) Aeropuertos costeros según número de pasajeros transportados. B) Aeropuertos costeros según número de operaciones realizadas., 2011-2012

Respecto al emplazamiento del eje de la pista y la línea de costa podemos clasificar a los aeropuertos en 3 grandes grupos: Paralelos a la línea de costa, perpendiculares a la línea de costa, y una

Coppa, García, Ramírez, Maddonni, Di Gregorio - Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en zonas costeras

combinación de ambos donde el aeropuerto se encuentra rodeados por la costa. Se muestra a continuación una distribución de acuerdo a estos criterios:

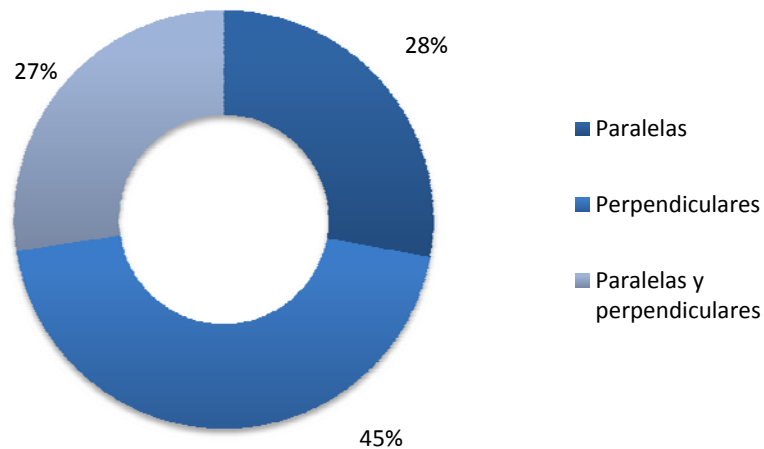


Figura 10. Aeropuertos costeros según la disposición e pistas respecto a la costa

De la totalidad de aeropuertos encontrados que se han desarrollado sobre la costa, se observa que la mayor cantidad se encuentran en países donde la densidad de población es elevada, (Mas de 90 Hab./km²), la distribución de la totalidad de aeropuertos se muestra a continuación:

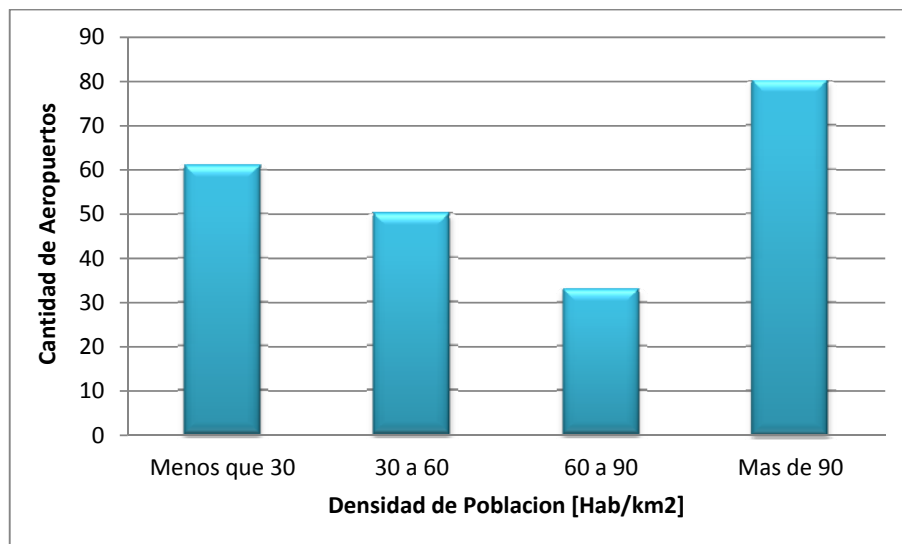


Figura 11. Aeropuertos costeros según la densidad de población del país emplazado.

El IDH, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), es un indicador social estadístico basado en tres parámetros: Salud, Educación y Riqueza. A continuación, se muestran el número de aeropuertos según el nivel de IDH correspondiente al país al que pertenecen. Nótese que los rangos de IDH se corresponden con los establecidos por las Naciones Unidas. [5]

Del estudio realizado, también se desprende que la gran mayoría de este tipo de aeropuertos se encuentra emplazados en países donde el Producto bruto interno (PBI) y el Índice de desarrollo humano (IDH) adoptan valores elevados.

Coppa, García, Ramírez, Maddonni, Di Gregorio - Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en zonas costeras

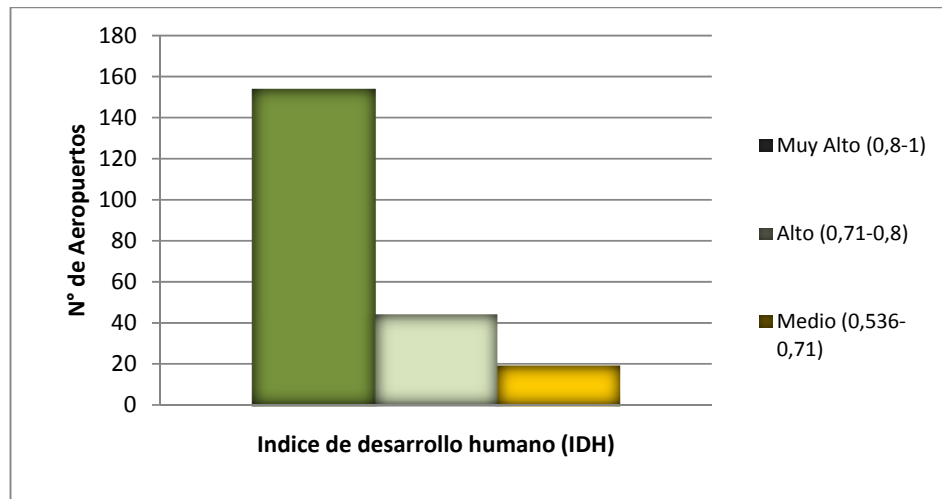


Figura 12. Aeropuertos costeros según el IDH del país al que pertenecen.

De los resultados obtenidos se observa que de los 95 aeropuertos que han crecido sobre la costa el 40% se encuentran en Europa y el 25% en la región de Asia-Pacífico, cabe destacar que 22 aeropuertos han rectificado parte de la línea de costa para el cumplimiento de la normativa.

Por otra parte es de importancia destacar que se han encontrado 5 Aeroislas emplazadas en la región Asia- Pacífico (China, Japon , Maldives, Macau),

Ahora bien, en el caso del continente americano, según se ha visto en la Figura 6, los aeropuertos costeros encontrados representan un 37% del total, en concreto, 85 de los 224 aeropuertos en todo el mundo. Se muestra a continuación la distribución de los aeropuertos en el continente analizado:

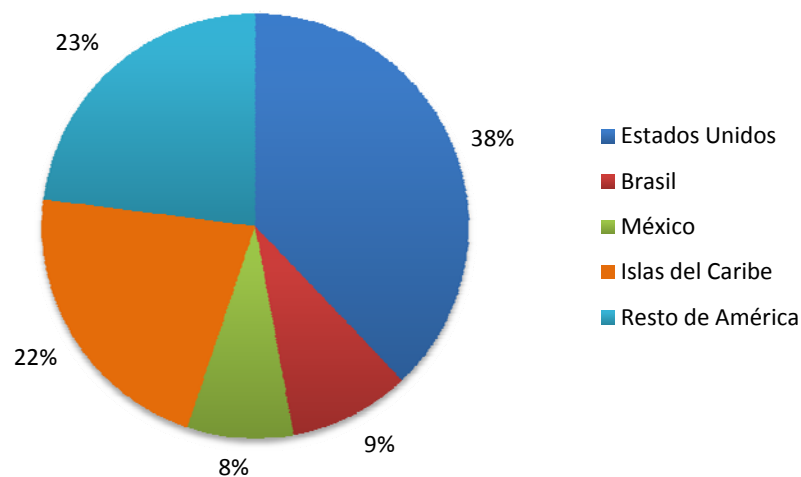


Figura 13. Distribución de aeropuertos costeros en el continente americano

Coppa, García, Ramírez, Maddonni, Di Gregorio - Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en zonas costeras

Cabe destacar que del total de 53 aeropuertos costeros en América Latina, el 40 % ha crecido sobre la superficie marítima, los aeropuertos que mayor superficie han crecido sobre la costa son:

- Norman Manley, Kingston, Jamaica
- Princes Juliana, Philipsburg , Nether Antilles
- Cyprel King, St Croix, Islas Virgenes
- Aeropuerto de Marica, Brasil

CONCLUSIONES

Respecto a la distribución de cantidad de campos de vuelo, y aeropuertos comerciales en las distintas regiones del mundo, se observa como América del Norte de los 15.000 campos de vuelo solo el 17% (2.600) son aeropuertos con código de identificación comercial. Es importante notar como Asia-Pacífico, que cuenta con el 14% de los campos de vuelo en el mundo y el 35 % de ellos son aeropuertos comerciales, se contrasta con la situación de América Latina que de casi el 30% de los campos de vuelo (12.600) solo el 8% s (1.000) pueden clasificarse como aeropuertos comerciales de pasajeros y carga.

Otra característica importante es el tráfico de pasajeros, se observa como Europa con menos aeropuertos comerciales que América Latina, maneja el 24 % de los pasajeros a nivel mundial (900 millones de pasajeros de los 200 Aeropuertos con mayor tráfico). Aquí es donde se evidencia un mejor aprovechamiento de la infraestructura existente.

Teniendo en cuenta la cantidad de aeropuertos a nivel mundial, es importante destacar el peso relativo de Europa (81 Aeropuertos costeros) y América Latina (53 Aeropuertos costeros) siendo las regiones con mayor cantidad de aeropuertos emplazados en la línea de costa. Observando que más del 70 % son aeropuertos civiles, en su mayoría posean una pista y manejan menos de 5 millones denota que tipo de aeropuertos, ante un posible crecimiento, ganarán terreno sobre la costa o bien buscarán alternativas de crecimiento sobre la superficie continental superando cuestiones orográficas o poblacionales.

Respecto a la disposición de la pista con la costa, se observa que la tendencia es a un emplazamiento de la pista perpendicular, y en su mayoría se encuentran en países donde la densidad de población es alta (más de 90 Hab/km²).

La cantidad de aeropuertos costeros, respecto al total mundial, no representa un peso importante, pero si es de relevancia que un alto porcentaje de ellos (el 42 %), debido a haber alcanzado una situación de capacidad limitada, ya ha crecido sobre la costa. De dicho análisis se observa que el 40% se encuentran en Europa y el 25% en la región de Asia-Pacífico.

REFERENCIAS

- [1] The World Factbook, 2013-14. Washington, DC: Central Intelligence Agency, 2013.
- [2] Flight global, "Special Report: Airports Ranking 2013", Airlines Business, Mayo 2013.
- [3] Airports Council International, "World Traffic Report 2010", ACI World, August 2011.
- [4] Airports Council International, "Preliminary 2012 World Airport Traffic and Rankings", Montréal, Québec, Canada, 26 March 2013.
- [5] Demographia, "Demographia World Urban Areas", 9th Annual Edition, 2013.
- [6] U.S. Department of Transportation, "Administrator's Fact Book", Federal Aviation Administration, Enero 2013
- [7] Federal Aviation Administration (FAA).
- [8] United Nations Development Programme, "Human Development Report 2013", 2013.

CALCULO DE APOORTE CONTAMINANTE GASEOSO EN LOS PRINCIPALES AEROPUERTOS Y RUTAS ARGENTINAS

Matías Coppa^a; Nahuel Tomassini^a; Juan Ignacio D'Iorio^a, Alejandro Di Bernardi^a

^aGrupo de Transporte Aéreo (GTA)- Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata
Calle 116 s/n e 47 y 48, (1900) La Plata, Argentina
matias.coppa@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo es cuantificar las emisiones gaseosas de la flota aerocomercial operativa en Argentina al año 2013, en los aeropuertos del Grupo A del Sistema Nacional Aeroportuario.

Utilizando la base de datos de emisiones contaminantes de la OACI, se analizó la cantidad de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno aportados por cada ciclo Landing - Take Off (LTO) para todas las aeronaves bajo estudio.

Una vez obtenido este aporte, contemplando los datos de frecuencias de vuelos de todas las aerolíneas, se obtuvo el total de las emisiones producidas en el entorno aeroportuario.

Se caracterizaron las flotas de todas las aerolíneas, lo que implica la determinación del fabricante, modelo de aeronave, matrícula y fecha de fabricación, para obtener la planta poder específica de cada avión.

También se realizó el cálculo de las emisiones de CO₂ para una altura de vuelo de más de 1000 metros, utilizando la metodología desarrollada por OACI. Las rutas aéreas analizadas son aquellas que vinculan los aeropuertos del SNA.

ABSTRACT

The purpose of this study is to quantify gaseous emissions from the commercial air fleet operating in Argentina, in the airports of the National Airport System, in March 2013.

Using the database of pollutant emissions provided by ICAO, the amount of unburned hydrocarbons, carbon monoxide and nitrogen oxides produced by each cycle Landing - Take Off (LTO) for all aircraft under study is analyzed.

With the contributions by LTO cycle and frequencies of every airline, total emissions in the airport vicinity was obtained.

Fleet characterization (date and manufacturer, aircraft model, registration number) was made in order to specify the engine for each aircraft. To calculate CO₂ emissions for a flight altitude of over 1000 meters, the ICAO calculator was used.

Palabras clave: aeropuertos, flota, contaminantes, rutas, LTO.

INTRODUCCIÓN

La aviación es uno de los sectores de transporte más importantes en cuanto al crecimiento; de acuerdo a la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA): de 2,4 mil millones de pasajeros en 2010 crecerá a 16 mil millones en 2050. En el mediano y largo plazo, todas las previsiones de tráfico señalan un crecimiento de pasajeros que oscila entre el 2,4% hasta el 4,8% de manera sostenida hasta el año 2020.

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

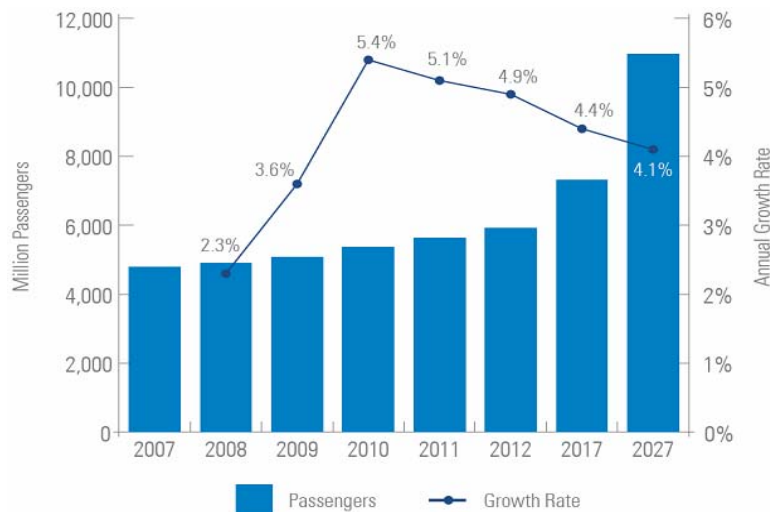


Figura 1. Crecimiento de los pasajeros [1].

Gracias a la mejora de la eficiencia del combustible y la optimización de la gestión del tráfico aéreo, el aumento resultante en el consumo del mismo será a una menor tasa que el aumento del tráfico. Sin embargo, la eficiencia en el consumo debido a la renovación de flota y el progreso tecnológico puede disminuir debido a la madurez de la tecnología y las capacidades reducidas de inversión de las aerolíneas.

IATA prevé un aumento en la demanda de combustible de aviación (Jet A-1) de 300-350 millones de toneladas para el año 2030. En el 2010 el consumo de combustible aeronáutico en todo el mundo fue de unas 200 millones de toneladas, sin tener en cuenta unos 27 millones correspondientes a la aviación militar y general.

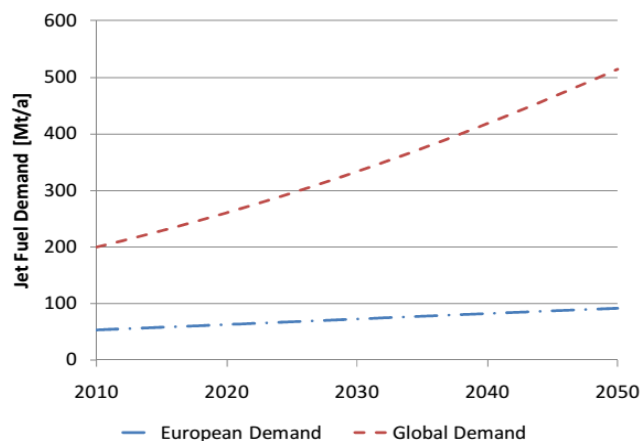


Figura 2. Proyección de la demanda europea y mundial en combustible aeronáutico [2].

En el año 2010, debido al quemado de combustible de los motores de la aviación comercial (Jet A-1) se produjeron 649 millones de toneladas de dióxido de carbono, lo que representa alrededor del 2% del total de 34 mil millones producidas mundialmente en ese mismo año. Si bien dicha cantidad es pequeña comparada con otros sectores como el transporte e industrial, estos últimos cuentan con una mayor variedad de fuentes de energía alternativas utilizables en la actualidad. Las emisiones de dióxido de carbono atribuidas al transporte a nivel mundial se distribuyen según la siguiente figura:

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.



Figura 3 Contribución del transporte a las emisiones globales de CO₂ [3].

En la siguiente gráfica se muestra el total de toneladas de dióxido de carbono emitido por la actividad aérea desde 1998.

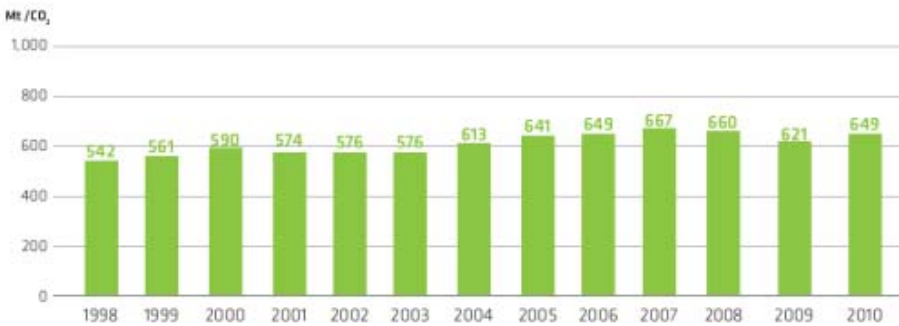


Figura 4. Evolución en las emisiones de CO₂ por la aviación[3].

En la siguiente gráfica se muestran los distintos escenarios posibles respecto a la emisión de CO₂, y el cumplimiento de diferentes objetivos hasta el año 2050. A nivel internacional, la neutralización en el crecimiento de emisiones de carbono para el 2020 y la reducción del 50% es unameta de suma importancia.

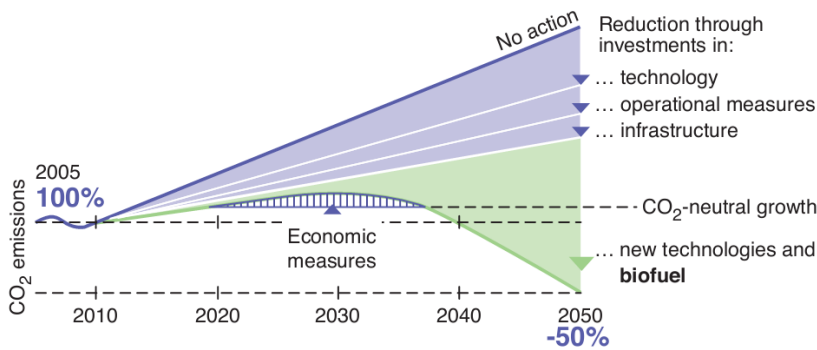


Figura 5. Distintos escenarios respecto a las emisiones de CO₂ producto del tráfico aéreo [4].

La siguiente figura proporciona una simple ilustración de los efectos del quemado de un combustible aeronáutico convencional (Jet A-1). Las cantidades totales de gases emanados dependerán de ciertos factores tales como el tipo de combustible utilizado, la riqueza de la mezcla, la cantidad de combustible, el mantenimiento de la cámara de combustión o del motor en general, entre otros.

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

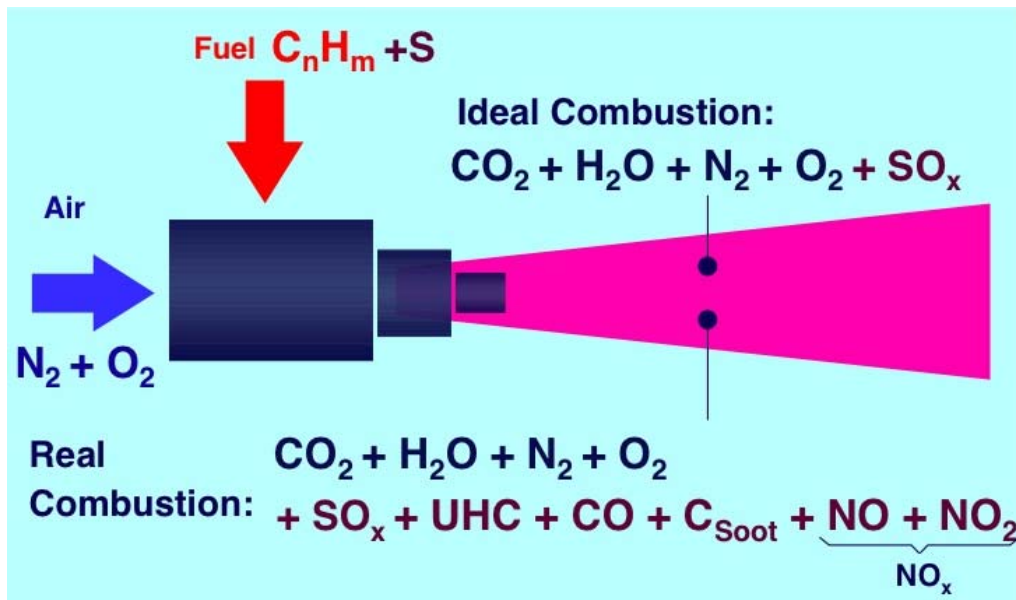


Figura 6. Efectos del quemado del Jet A-1.

La identificación y cuantificación de estas emisiones ha sido uno de los objetivos principales de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), que mediante el Comité sobre la Protección del Medioambiente y la Aviación (CAEP), ha desarrollado una normativa para el desarrollo del transporte aéreo sustentable.

METODOLOGÍA

Inicialmente se obtuvieron las características de las flotas de todas las aerolíneas que operan en el país, es decir, fabricante, modelo, matrícula y fecha de fabricación, con el objeto de obtener la planta poder específica de cada aeronave. Utilizando la base de datos de emisiones contaminantes de OACI [5], se analizaron las cantidades de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno aportados por cada ciclo LTO (*Landing-Take-Off*) para todas las aeronaves bajo estudio. Una vez obtenido el aporte por ciclo, se incluyeron datos de frecuencias de vuelos de marzo de 2013.

Con la intención de determinar las emisiones de gases contaminantes se ha desarrollado una metodología; en el siguiente diagrama sintético se observa el procedimiento aplicado:



Figura 7. Metodología aplicada para el cálculo de HC, NO_x y CO.

Para el cálculo de las emisiones de CO_2 , la metodología aplicada fue la desarrollada por el calculador de OACI [6]. Dicha metodología permite obtener la masa de CO_2 en kg por pasajero según los aeropuertos seleccionados, conociendo el valor obtenido por una combustión estequiométrica de una tonelada de JetA-1 (3.157 toneladas de CO_2), y realizando una ponderación de todos los parámetros de vuelo.

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

De esta manera, con los datos de las características de las aeronaves estudiadas, el análisis de rutas y frecuencias de vuelo de Marzo de 2013, se obtuvo el total de las emisiones de CO₂. Se muestra a continuación el procedimiento de cálculo de forma esquemática.



Figura 8. Metodología aplicada para el cálculo de CO₂.

Sobre la flota aerocomercial operativa en la Argentina se utilizó como referencia el mes de Marzo de 2013; se calcularon las emisiones producidas en el entorno aeroportuario en dicho mes, y con los datos obtenidos de la experiencia de trabajos desarrollados en la UID GTA-GIAI, sobre operaciones históricas de los distintos aeropuertos, se realizó una estimación de las frecuencias mensuales para obtener un valor del aporte anual de contaminantes.

Las aerolíneas analizadas fueron aquellas que operan en los aeropuertos del SNA (Sistema Nacional Aeroportuario), con aeronaves de motorización tipo turbofan; se muestran a continuación las características de la flota de los operadores locales:

Tabla 1. Motorización de las principales aeronaves comerciales operativas en la Argentina.

Aerolínea	Aeronave	Motor
LAN Argentina	A320-200	IAE V2527E-A5
Aerolíneas Argentinas	A340-300/200	CFM56-5C2/3
Aerolíneas Argentinas	B737-700/800	CFM56-7B
Andes Líneas Aéreas	MD-83	JT8D-219
Andes Líneas Aéreas	MD-83	JT8D-217C
Austral	E190	GE-CF34-10E
LAN Argentina	B767-300	PW4000

Para las líneas aéreas internacionales la metodología de identificación de la planta poder fue similar a la de los operadores locales.

Según la división expuesta por el ORSNA, los aeropuertos concesionados del Sistema Nacional Aeroportuario son 35, donde el Grupo B está formado por los aeropuertos del Calafate, Ushuaia y Neuquén. Se muestra en la siguiente tabla los aeropuertos estudiados del Grupo A:

Tabla 2. Aeropuertos bajo estudio del Grupo A.

Aeropuerto	Código	Aeropuerto	Código
Aeroparque Metropolitano Jorge Newbery, CABA.	AEP	Aeropuerto El Tehuelche, Puerto Madryn.	PMY
Aeropuerto Internacional Suboficial Ayudante Santiago Germano, San Rafael.	AFA	Aeropuerto Internacional de Resistencia.	RES
Aeropuerto de Santa Rosa.	RSA	Aeropuerto Internacional Gob. Ramón Trejo Noel, Río Grande.	RGA
Aeropuerto Internacional Teniente Luis	BRC	Aeropuerto Gobernador Edgardo Castello,	VDM

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

Candelaria, San Carlos de Bariloche.		Río Negro.	
Aeropuerto Internacional Ing. A. Taravella, Córdoba.	COR	Aeropuerto Internacional Piloto Civil Norberto Fernández, Río Gallegos.	RGL
Aeropuerto Internacional General Enrique Mosconi, Comodoro Rivadavia.	CRD	Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan.	UAQ
Aeropuerto Brigadier General Antonio Parodi, Esquel.	EQS	Aeropuerto Vicecomodoro Ángel de la Paz Aragonés, Santiago del Estero.	SDE
Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini, Ezeiza.	EZE	Aeropuerto Internacional Libertador General José de San Martín	PSS
Aeropuerto Internacional de Formosa.	FMA	Aeropuerto Coronel Felipe Varela	CTC
Aeropuerto Internacional Teniente General Benjamín Matienzo, Tucumán.	TUC	Aeropuerto Brigadier Mayor César Raúl Ojeda, San Luis.	LUQ
Aeropuerto Internacional de Puerto Iguazú.	IGR	Aeropuerto Internacional Gobernador Francisco Gabrielli, Mendoza.	MDZ
Aeropuerto Capitán Vicente Almandos Almonacid, La Rioja.	IRJ	Aeropuerto Internacional Astor Piazzolla, Mar del Plata.	MDQ
Aeropuerto Internacional Gobernador Horacio Guzmán, Jujuy.	JUJ	Aeropuerto Internacional Martín Miguel de Güemes, Salta.	SLA

Debido a que en el mes de Marzo de 2013 no han presentado operaciones de la aviación comercial, se desestimaron los siguientes aeropuertos:

Tabla 3. Aeropuertos del Grupo A desestimados.

Aeropuerto	Código
Aeropuerto Internacional Comodoro Ricardo Salomón, Malargüe, Mendoza.	LGS
Aeropuerto General Justo José de Urquiza, Paraná, Entre Ríos.	PRA
Aeropuerto Daniel Jukic, Reconquista, Santa Fe.	RCQ
Aeropuerto de Río Cuarto, Río Cuarto, en la provincia de Córdoba, Argentina.	RCU
Aeropuerto de Villa Reynolds, Villa Mercedes, Provincia de San Luis.	VME

A continuación se muestra la ubicación geográfica de dichos aeropuertos y las principales rutas aéreas analizadas.

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

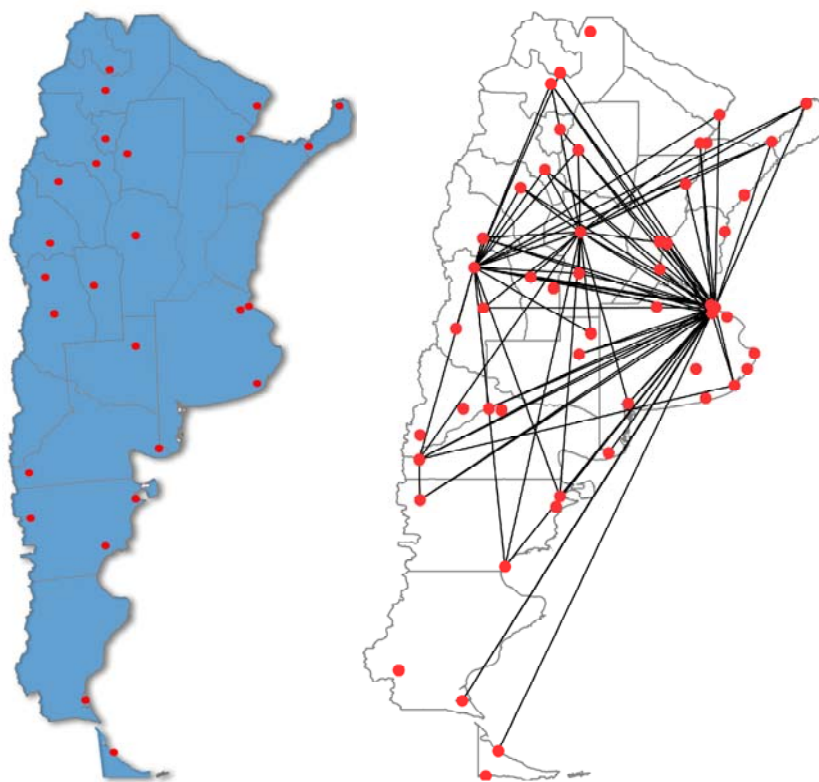


Figura 9. Ubicación de los aeropuertos analizados y principales rutas analizadas.

Los contaminantes analizados fueron:

- Hidrocarburos no quemados (HC).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de carbono (CO_2).

Los cálculos de HC, NO_x y CO se realizaron para un ciclo LTO (*Landing-Take-Off*). El mismo incluye las siguientes fases operacionales:

- *Landing*: operaciones que se realizan desde los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto hasta que alcanza la superficie de la pista.
- *Taxi in*: maniobras que realiza el avión hasta llegar a su puesto de estacionamiento en plataforma, en condición de *Block-On* (calzos colocados).
- *Taxi out*: son las maniobras que realiza el avión desde el *Block-Off* (calzos afuera) hasta llegar a la cabecera de pista.
- *Take off*: son las operaciones que realiza el avión en la pista para lograr el despegue.
- *Climbout*: son las operaciones que realiza el avión hasta alcanzar los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto.

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

Se presentan a continuación, según OACI, los empujes y duración de la condición operativa del ciclo LTO.

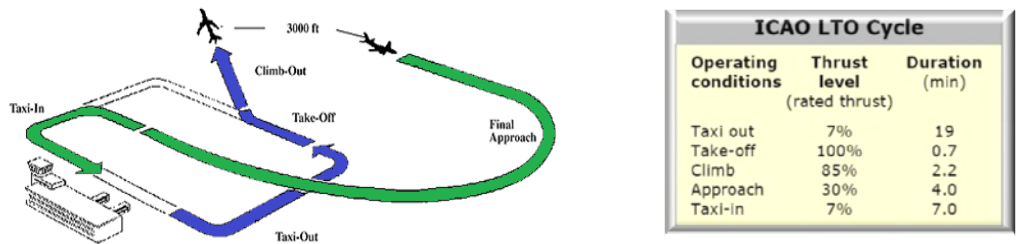


Figura 10. Esquema del ciclo LTO.

Por otro lado, el CO₂ calculado es el emitido durante vuelo crucero, es decir a una altura de vuelo de más de 1000 metros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las estadísticas aeroportuarias obtenidas, se pueden prever unas 382.000 operaciones en los aeropuertos del Grupo A del SNA para el año 2013; de dichos movimientos, aproximadamente el 70% es de aeronaves comerciales y un 30 % de aviación general.

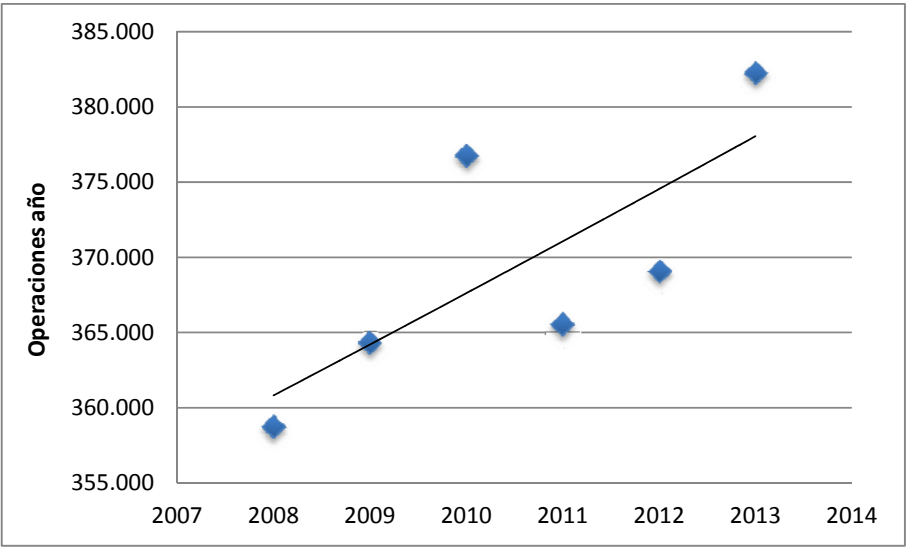


Figura 11. Operaciones por año en el Grupo A del SNA.

Dado que las emisiones se encuentran relacionadas al tipo y modelo de aeronave y la planta poder asociada, en las siguientes figuras se muestra un análisis comparativo de las operaciones de las aeronaves comerciales, y sus motores correspondientes, en el mes de Marzo de 2013 en los aeropuertos del Grupo A del SNA.

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

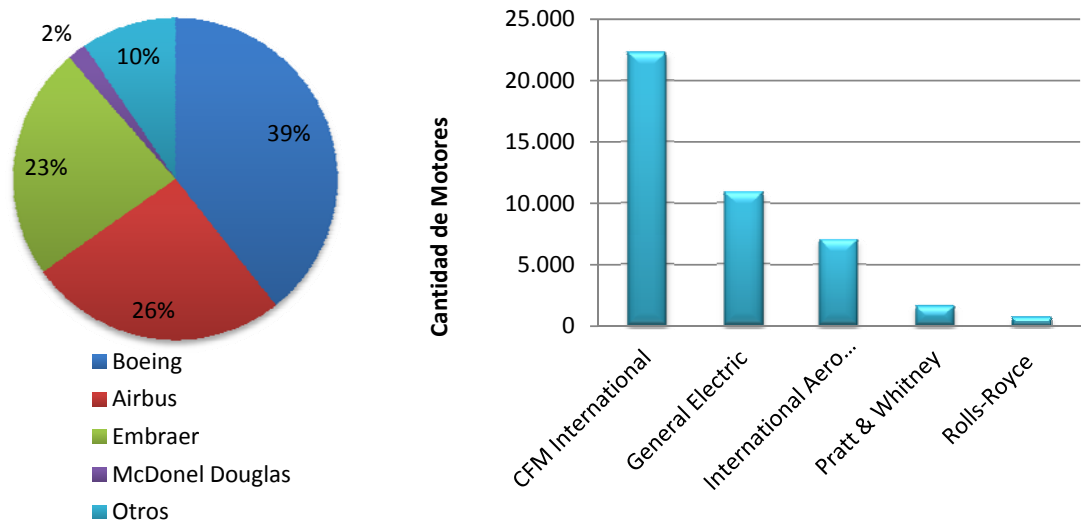


Figura 12. Aeronaves y motorización según cantidad de operaciones, Marzo 2013.

Respecto a las operaciones de las aeronaves de acuerdo al tráfico, Domestico o Internacional, podemos diferenciar:

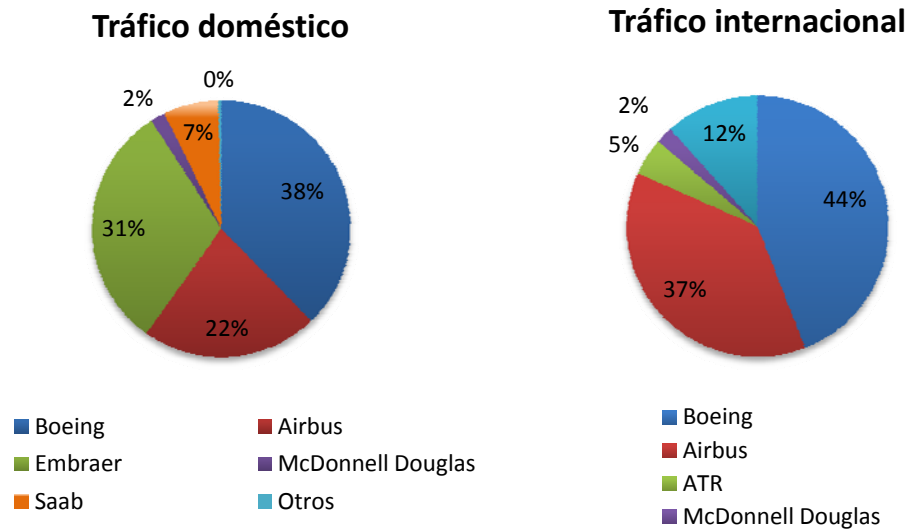


Figura 13. Aeronaves por fabricante de acuerdo al tráfico, Marzo 2013.

De los principales operadores aéreos que operan en el país se muestra a continuación un gráfico comparativo donde se detalla la edad promedio de su flota:

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

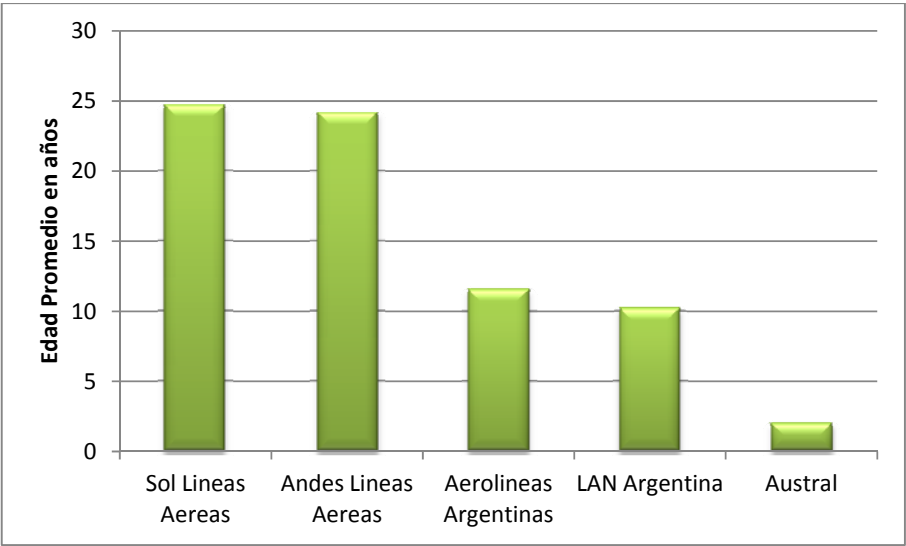


Figura 14. Edad promedio de la flota de las principales aerolíneas que operan en la Argentina, 2013.

Asociadas a las 265.000 operaciones de la aviación comercial, proyectadas para el 2013, se estudian las emisiones correspondientes en cada uno de los aeropuertos del sistema. Se muestran a continuación los resultados de las emisiones gaseosas (HC, CO, NO_x) obtenidos para el escenario anual.

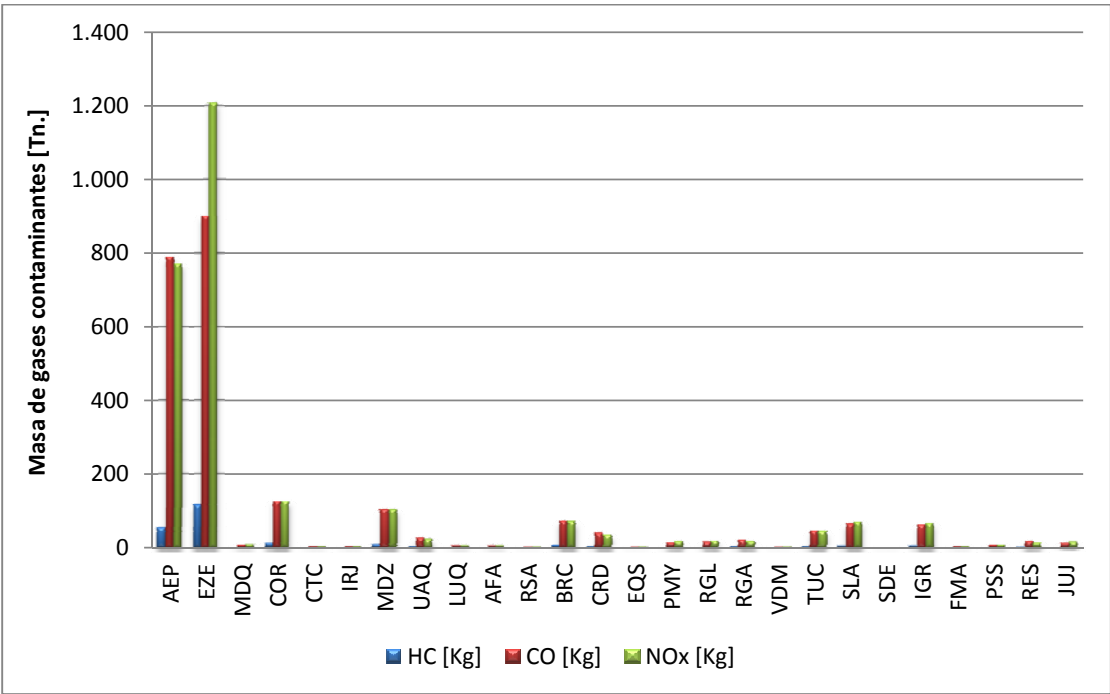


Figura 15. Emisiones gaseosas anuales en los aeropuertos considerados del Grupo A del SNA, escenario 2013.

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

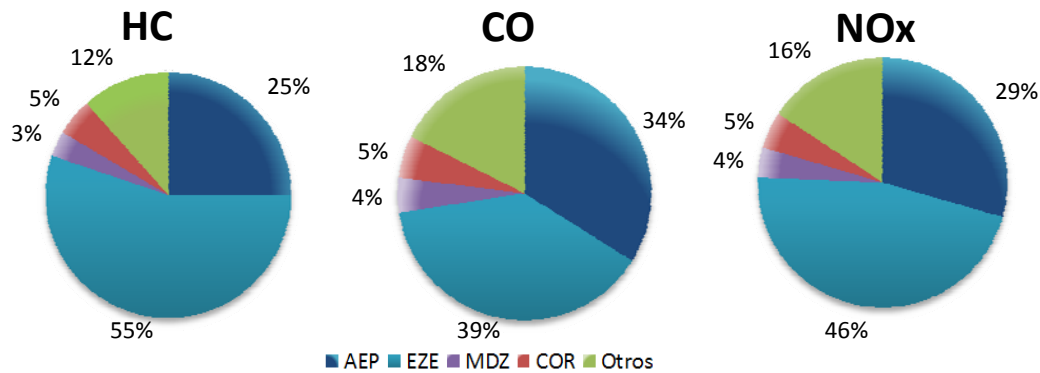


Figura 16. Emisiones anuales de HC, CO y NO_x en ciclos LTO los principales aeropuertos de la Argentina, año 2013.

Con el objeto de evidenciar los pesos relativos de los otros aeropuertos se presenta continuación los resultados del análisis efectuado respecto de las emisiones gaseosas contaminantes:

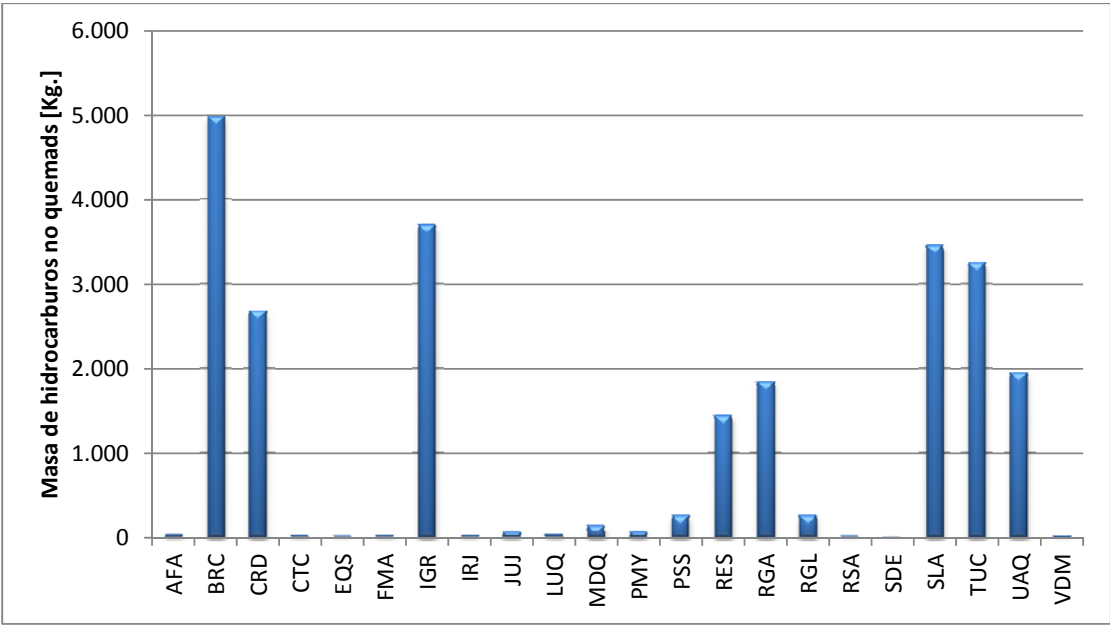


Figura 17. Emisiones anuales de HC en ciclos LTO en los principales aeropuertos de la Argentina, año 2013.

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

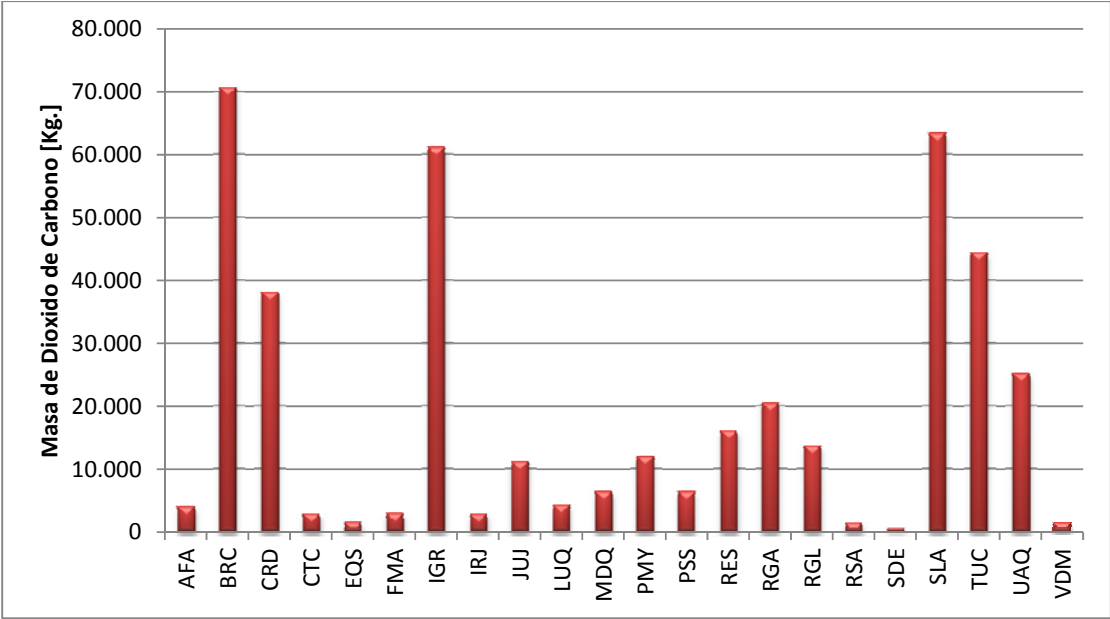


Figura 18.Emisiones anuales de COen ciclos LTOen los principalesaeropuertos de la Argentina, año 2013.

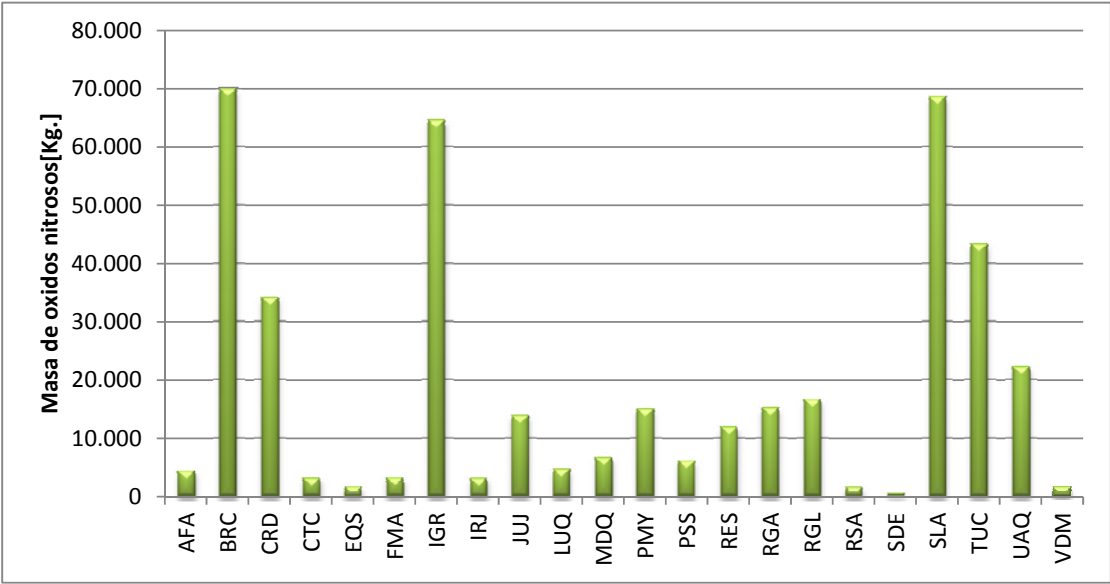


Figura 19.Emisiones anuales de NO_x en los ciclos LTO en losprincipales aeropuertos de la Argentina, año 2013.

En la siguiente tabla se muestra una estimación de los gases contaminantes que se emitirán en el año 2013 en los aeropuertos del Grupo A del Sistema Nacional Aeroportuario:

Tabla 4.Total de emisiones contaminantes para el año 2013.

En ciclo LTO			
	HC (Tn.)	CO (Tn.)	NO _x (Tn.)
Emisiones [Tn]	201,036	2.326,38	2.615,54

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

Se presentan a continuación las emisiones de dióxido de carbono en un nivel de vuelo mayor a 1.000 metros, producidas por las aeronaves comerciales en el mes de Marzo de 2013.

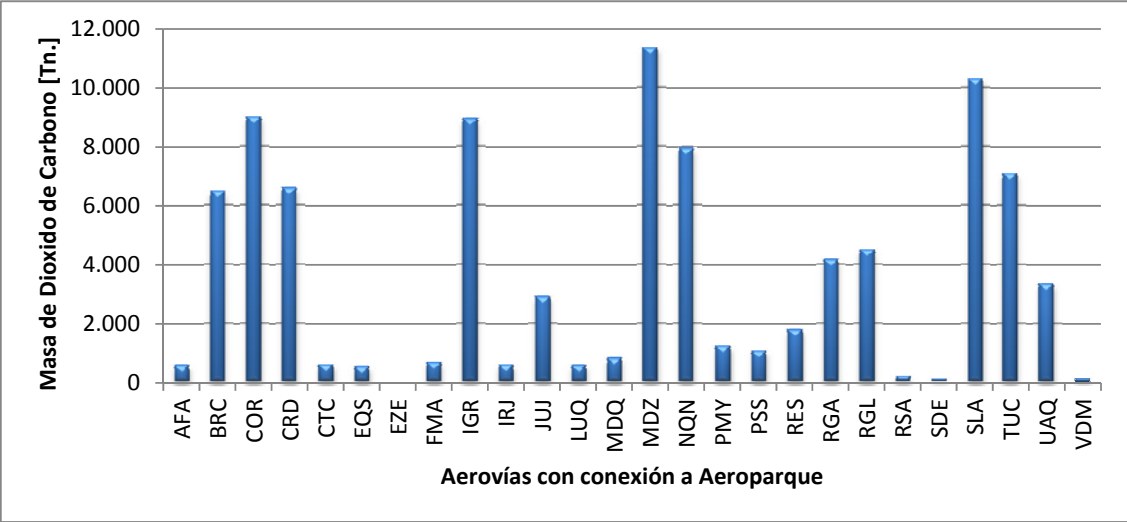


Figura 20. Emisiones mensuales de CO₂ en crucero en las rutas con conexión en Aeroparque, marzo 2013.

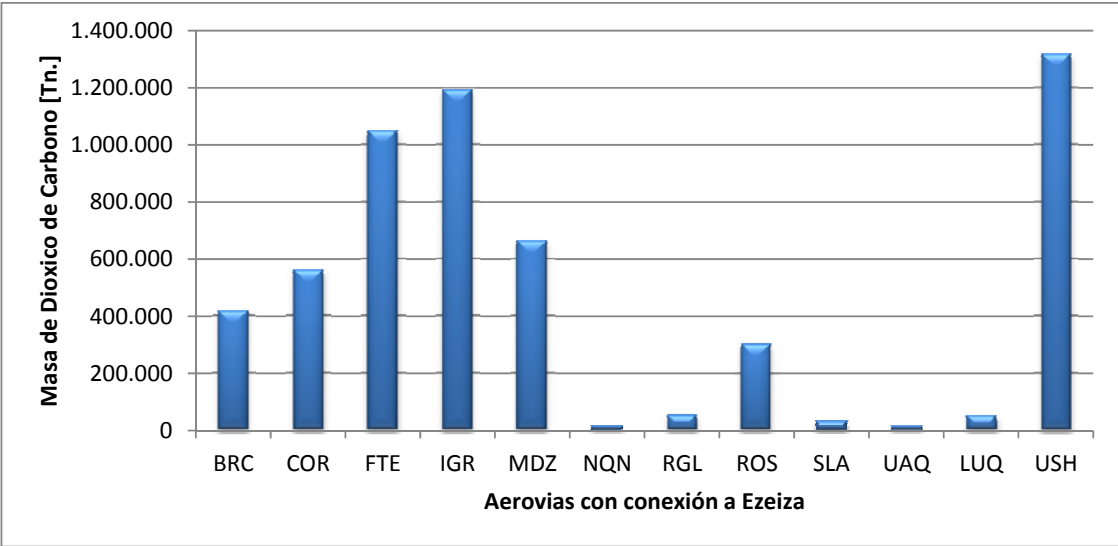


Figura 21. Emisiones mensuales de CO₂ en vuelo en las rutas con conexión en Ezeiza, marzo 2013.

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

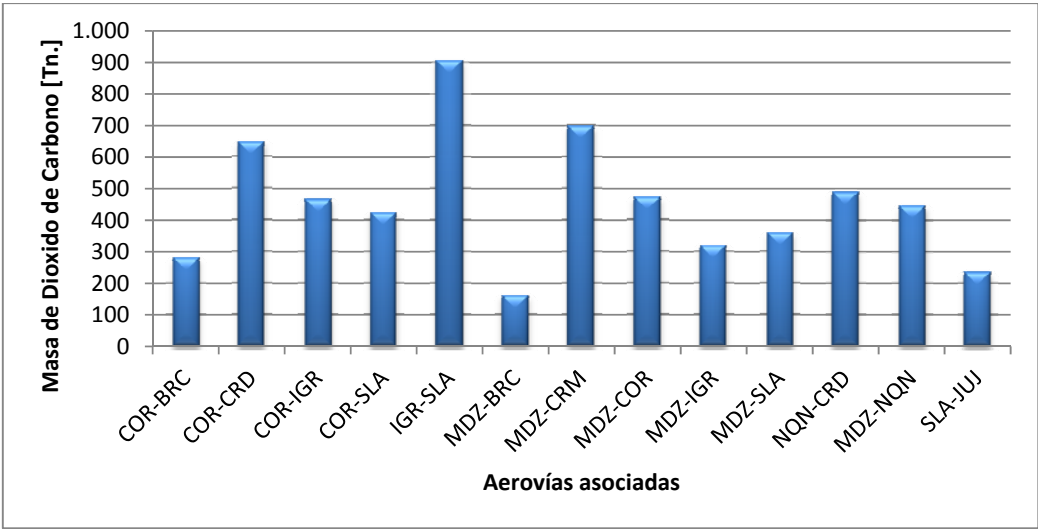


Figura 22. Emisiones mensuales de CO₂ en vuelo en las rutas con conexión entre aeropuertos analizados, Marzo 2013

El total de emisiones de CO₂ producidas en las rutas aéreas argentinas se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5. Total de Dióxido de Carbono emitido, marzo 2013.

Emisiones de CO ₂ en crucero [Tn.]	
Vuelos hacia / desde Aeroparque	91.143,33
Vuelos hacia / desde Ezeiza	5.676,25
Vuelos en el Interior	5.901,87
Total	102.721,45

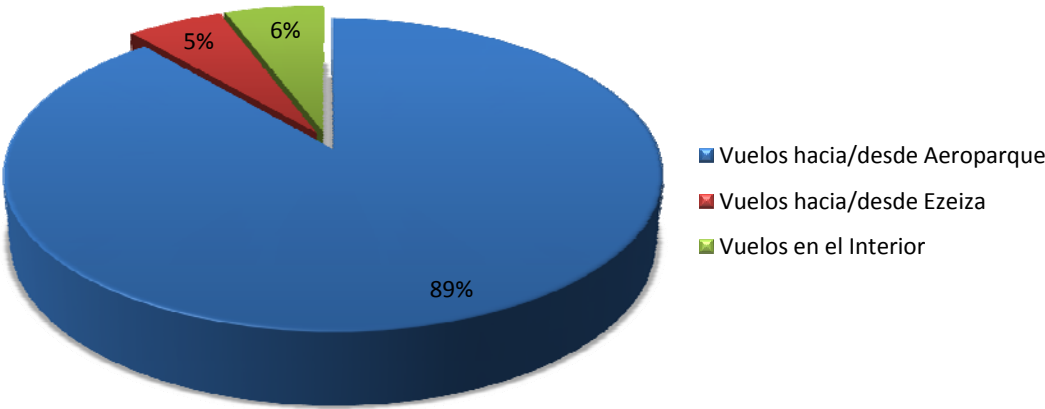


Figura 23. Peso relativo de la emisión de CO₂ en las aerovías argentinas, marzo 2013.

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi – Cálculo de aporte contaminante gaseoso en los principales aeropuertos y rutas argentinas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos dependen fuertemente de la cantidad de operaciones, tanto en el ciclo LTO como rutas voladas, pero se observa a su vez, que el tipo y modelo de aeronave con su planta poder asociada, son un parámetro de gran importancia al momento de cuantificar las emisiones gaseosas contaminantes. Como así también los procedimientos de aproximación, aterrizaje y despegue, que se utilicen para definir los escenarios operacionales. Dada la dependencia de las aeronaves en el aporte gaseoso y la fuerte dinámica del sector aeronáutico, resulta de gran importancia la caracterización constante de dichos escenarios.

Los valores obtenidos representan el aporte contaminante global por aeropuerto. La definición de la calidad del aire del entorno aeroportuario debe estar acompañada a su vez de un análisis de dispersión de la muestra gaseosa que, sobre parámetros ambientales y condiciones de atmosfera, brinden el impacto real sobre el entorno aeroportuario. A su vez, se acentúa la importancia del relevamiento en campo para la verificación de los resultados obtenidos mediante simulación.

Respecto de la cuantificación anual de las emisiones gaseosas, se observa que el Aeropuerto de Ezeiza aporta el mayor porcentaje de gases contaminantes (HC, CO, NO_x), siendo este de alrededor del 47% de la totalidad del aporte de los aeropuertos estudiados. En segundo lugar se encuentra Aeroparque, que con un número de pasajeros transportados similar a Ezeiza, aporta casi el 30% de la totalidad. Dicha diferencia es atribuida al tipo, edad de aeronaves, planta poder, escenarios operacionales y operaciones anuales realizadas en dichos aeropuertos.

Por otra parte, del análisis de emisiones en crucero se concentró solamente en aquellos vuelos de cabotaje. En ese contexto era de esperar que las aerovías con conexión a Aeroparque, por concentrar gran parte del tráfico aéreo doméstico y ser centro de operaciones de la aerolínea de bandera, sean las de mayor aporte de dióxido de carbono (casi el 90%).

Este tipo de ejercicio debe ser completado con el aporte contaminante del resto de elementos que operan dentro del aeropuerto, como es el caso de vehículos de asistencia, estacionamientos y unidades auxiliares de potencia (APU).

Los valores obtenidos muestran que es necesario a nivel global la implantación de operaciones y procedimientos, tanto en aproximación como en tierra, para la mitigación y reducción de aportes gaseosos.

REFERENCIAS

- [1] Airport Council International, “Annual World Airport Traffic Report (WATR)”, 2012
- [2] SWAFEA, “Sustainable Way for Alternative Fuels and Energy in Aviation”, European Commission, April 2011
- [3] European Environment Agency, “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook”, 2009
- [4] International Air Transport Association. “Vision 2050”, Febrero 2011
- [5] OACI, “Aircraft Engine Emissions Databank”, Marzo 2012
- [6] OACI, “CarbonEmissionsCalculator”, Agosto 2009

ANÁLISIS COMPARATIVO DE FLOTAS AEROCOMERCIALES CAR-SAM Y SU APOORTE GASEOSO CONTAMINANTE EN CICLOS LTO.

Matías Coppa^a, Nahuel Tomassini^a, Juan Ignacio D'Iorio^a, Alejandro Di Bernardi^a

^aDepartamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata

Calle 48 y 116, (1900) La Plata, Argentina

Email: matias.coppa@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo es presentar un análisis comparativo de las características generales de las flotas aerocomercial de la regiones SAM y CAR de OACI. Contrastar a su vez, la contribución de cada región de contaminantes gaseosos generados en un ciclo LTO.

El documento describe aspectos globales relacionados con la situación de las aerolíneas operativas, a marzo del 2013, en los países integrantes de la región SAM y CAR de OACI.

Se detallan las características comparativas de las flotas de aeronaves, a nivel regional, estudiando el tipo de fuselaje, el alcance, el peso relativo de cada fabricante y el modelo de aeronave y planta poder asociada.

Caracterizando la planta poder de las aeronaves se compara el aporte de contaminantes gaseosos para un ciclo Landing-Take Off (LTO) en ambas regiones.

The objective of this paper is to present a comparative analysis of the general characteristics of commercial air fleets of SAM and CAR ICAO regions, and compare their emissions contrinution in a LTO cycle.

Global issues related to the situation of the operating airlines (March, 2013) in quoted regions are described. Characteristics of the aircraft fleet, such as type of fuselage, range, manufacturers, power plants and models are described.

According to aircraft power plant gaseous emissions of a Take Off Landing (LTO) cycle in both regions a comparison is made.

Palabras clave: CAR-SAM, flota, motores, LTO, contaminantes

INTRODUCCIÓN

Hacia el año 2012 existían en el mundo unas 25.400 aeronaves comerciales que realizaban un promedio de 30.000.000 de operaciones al año [1]. Las prognosis estiman que este número se duplicará en los próximos 20 años, razón por la cual es necesario cuantificar y reducir los impactos que produce la actividad. En ese contexto, resulta conveniente definir un punto de partida en lo que respecta a la división de ése total de aeronaves por fabricantes a nivel global, lo cual en los siguientes gráficos se representan las aeronaves y planta poder asociadas de las principales aerolíneas comerciales.

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

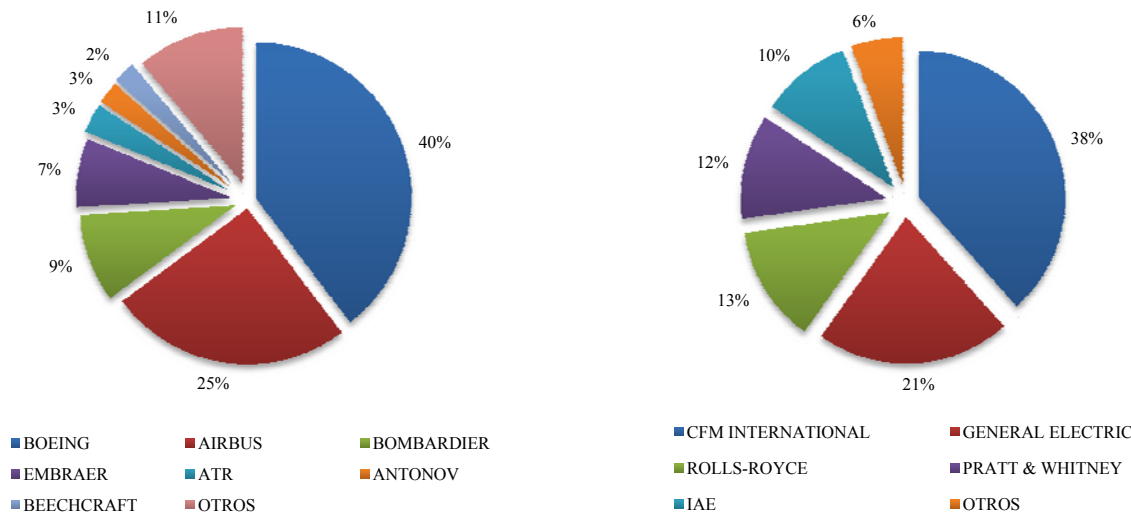


Figura 1 Distribución mundial de aeronaves y motores según de fabricantes, Escenario 2012 [1]

Por otra parte con objeto de mostrar la distribución de las mismas en las diferentes regiones mundiales, se presenta una mapa resume comparativo de carácter cualitativo:

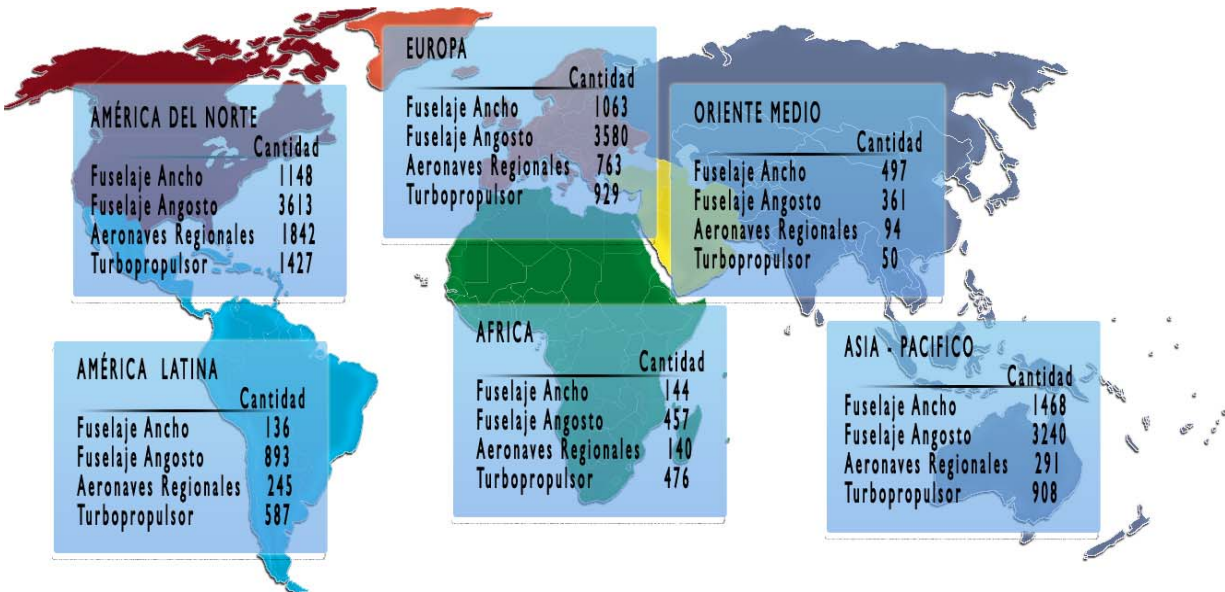


Figura 2. Distribución de aeronaves en las distintas regiones del mundo.

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

En cuanto a la distribución del tráfico de pasajeros a nivel mundial, sobre la base de datos de las 200 aerolíneas que han registrado mayor cantidad de movimientos en el 2012, se muestra la distribución por regiones:

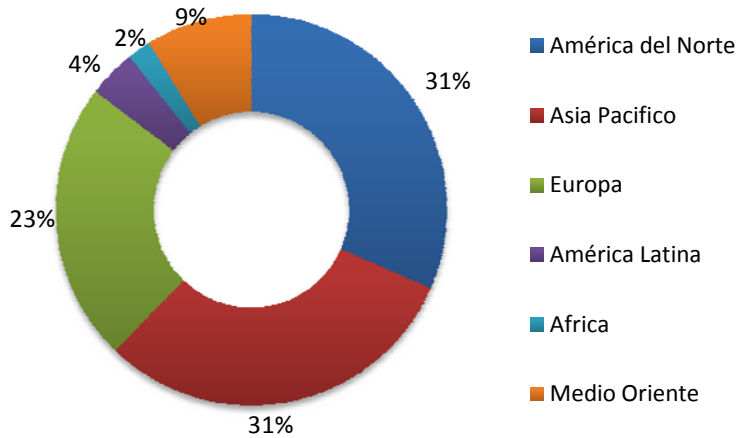


Figura 3. Tráfico de pasajeros en el mundo [2]

Asociado al tráfico de pasajeros, se presenta a continuación el factor de ocupación discriminado por regiones:

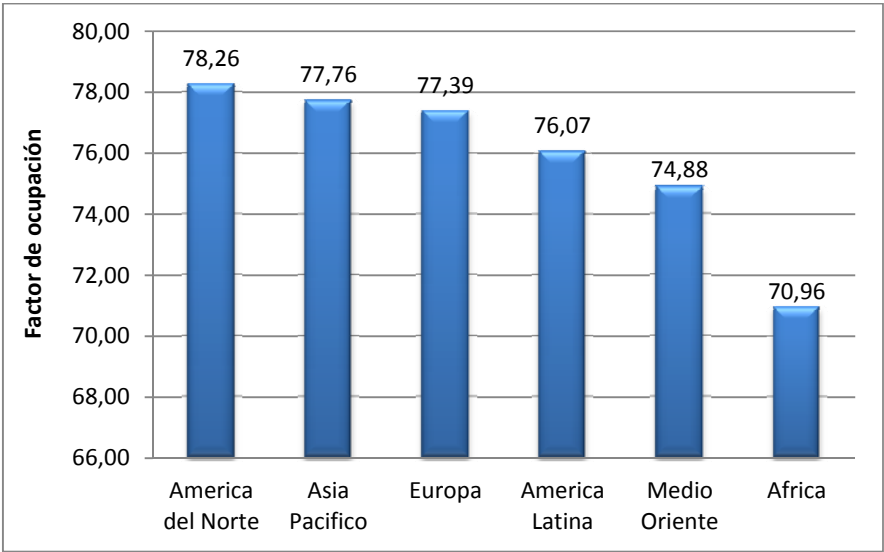


Figura 4. Factor de ocupación por regiones

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

El marco geográfico del presente trabajo es la región CAR SAM de OACI, la cual está compuesta por 48, de los cuales se muestra a continuación los países analizados:



Figura 5. Mapa región OACI - CAR SAM.

En cuanto a los aspectos de la actividad aerocomercial, la región CAR presenta un paulatino y sostenido crecimiento desde algunos años, con México a la cabeza y como principal exponente de éste desarrollo. Siempre en niveles de progreso dentro de los promedios mundiales referidos al tráfico de pasajeros, pero que, comparado con tiempos pasados, cobran una importancia aún mayor. Para el año 2012, la aerolínea Aeroméxico Connect se encontraba en el puesto número 18 a nivel mundial en la categoría “Transporte Regional”, registrando así un crecimiento del 16% con respecto al periodo anterior y llegando a transportar 3.7 millones de pasajeros según datos comerciales del año 2011. [4]

Este crecimiento por parte de la región trae aparejado el consecuente aumento en emisiones contaminantes a la atmosfera, que resulta útil cuantificar. A continuación se presenta una breve reseña del fenómeno del quemado de combustible aeronáutico convencional (Jet A-1). Las cantidades totales de gases emanados dependerán de ciertos factores tales como el tipo de combustible utilizado, la riqueza de la mezcla, la cantidad de combustible, el mantenimiento de la cámara de combustión o del motor en general, entre otros.

Coppa, Tomassini, D'Iorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

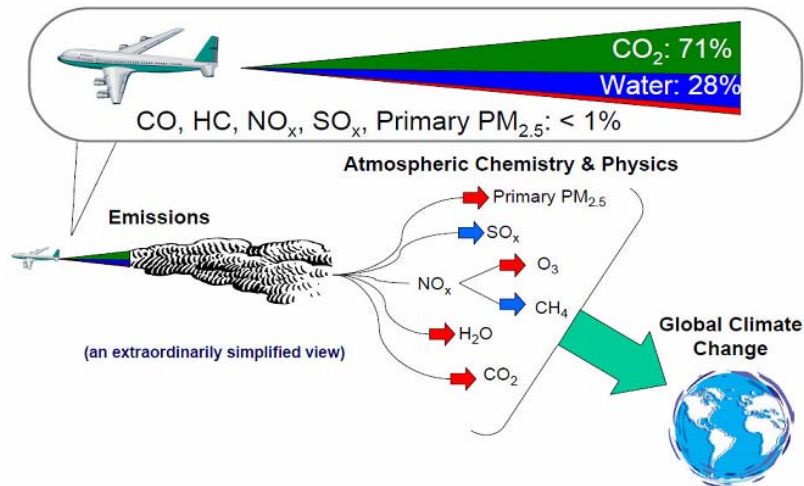


Figura 6. Emisiones contaminantes debido al quemado de combustible aeronáutico.

La identificación y cuantificación de estas emisiones ha sido uno de los objetivos principales de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), que mediante el Comité sobre la Protección del Medioambiente y la Aviación (CAEP), ha desarrollado normativa para el desarrollo del transporte aéreo sustentable.

METODOLOGIA

Inicialmente se obtuvieron las características de las flotas de todas las aerolíneas que operan en la región, es decir, fabricante, modelo, matrícula y fecha de fabricación, con el objeto de obtener la planta poder específica de cada aeronave. Utilizando la base de datos de emisiones contaminantes de OACI [5], se analizaron las cantidades de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno aportados por cada ciclo LTO (Landing–Take-Off) para todas las aeronaves bajo estudio.

Con la intención de determinar las emisiones de gases contaminantes se ha desarrollado una metodología, en el siguiente diagrama sintético se observa el procedimiento aplicado:



Figura 7 Metodología aplicada

Los contaminantes analizados fueron:

- Hidrocarburos no quemados (HC).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Monóxido de carbono (CO).

Los cálculos se realizaron para un ciclo LTO (Landing – Take-Off). El mismo incluye las siguientes fases operacionales:

- *Landing*: operaciones que se realizan desde los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto hasta que alcanza la superficie de la pista.
- *Taxi in*: maniobras que realiza el avión hasta llegar a su puesto de estacionamiento en plataforma, en condición de *Block-On* (calzos colocados).

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

- *Taxi out*: son las maniobras que realiza el avión desde el *Block-Off* (calzos afuera) hasta llegar a la cabecera de pista.
- *Take off*: son las operaciones que realiza el avión en la pista para lograr el despegue.
- *Climbout*: son las operaciones que realiza el avión hasta alcanzar los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto.

Se presentan a continuación, según OACI, los empujes y duración de la condición operativa del ciclo LTO.

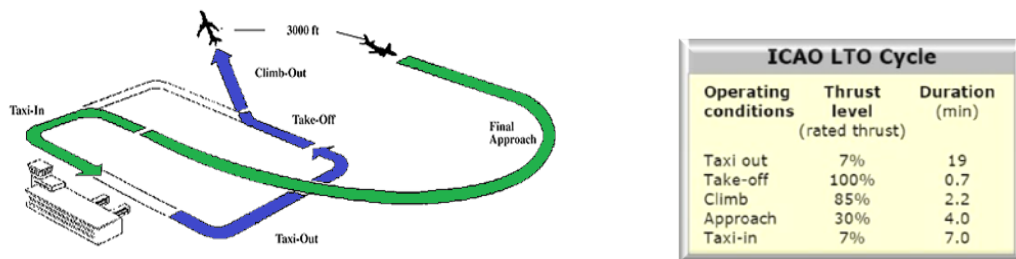


Figura 8. Representación del ciclo Landing – Take-Off

Luego se caracterizó la flota operativa de la región, teniendo en cuenta los siguientes factores: fabricante, modelo, planta poder, año de fabricación y tipo de fuselaje. Para la obtención de los contaminantes citados fueron considerados los datos de motores tipo turbo fan existentes en la base de datos de OACI; para los motores turbohélice se utilizan datos experimentales [6]

Los contaminantes por motor son los aportados en un ciclo LTO con combustible aeronáutico con las siguientes especificaciones [7]:

Tabla 1 . Propiedades del combustible aeronáutico estudiado

Propiedad	Gama permisible de valores
Densidad, kg/m ³ a 15 °C	780 – 820
Temperatura de destilación, °C 10% del punto de ebullición	155 – 201
Punto final de ebullición	235 – 285
Calor neto de combustión, MJ/kg	42,86 – 43,50
Aromáticos, % de volumen	15 – 23
Naftalinas, % de volumen	1,0 – 3,5
Punto de humo, mm	20 – 28
Hidrógeno, % de masa	13,4 – 14,3
Azufre, % de masa	menos de 0,3%
Viscosidad cinemática a –20°C, mm ² /s	2,5 – 6,5

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla, a modo de resumen, se muestra el estado actual de la región CAR respecto a la flota aerocomercial de transporte:

Tabla 2. Tabla resumen de región CAR SAM

	Región SAM	Región CAR
Cantidad de países por Region	15	33
Cantidad de aerolíneas	76	43
Cantidad de aeronaves	1.050	376
Edad Promedio de la flota	10,76 años	13 años
Cantidad de Aeropuertos de operación	642	352

Se muestra a continuación unos gráficos comparativos de la situación actual de las regiones:

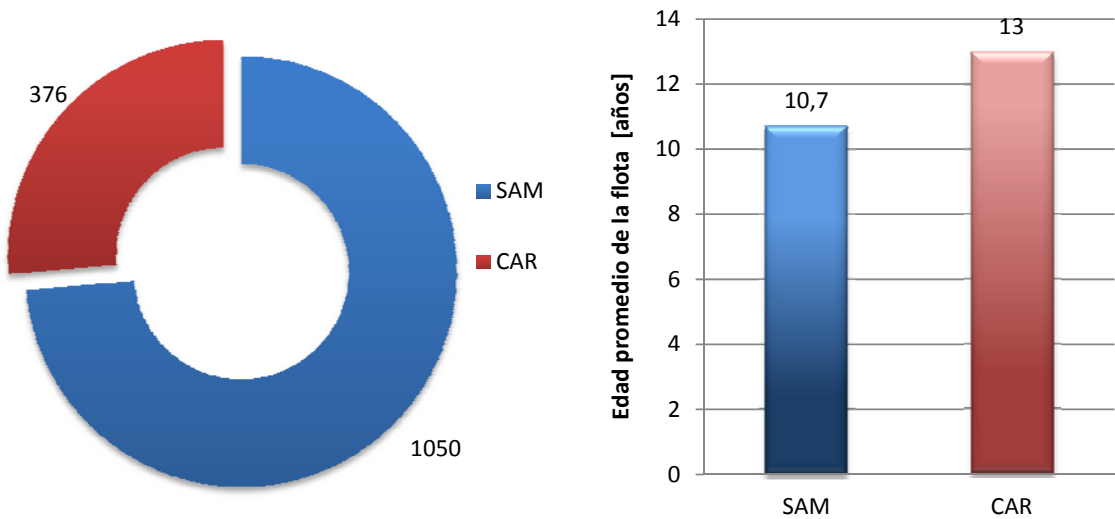


Figura 9. Características principales de la flota de las regiones CAR-SAM, escenario 2012

Respecto a la cantidad de aeronaves por fabricante se observa que Boeing posee un mayor peso relativo en la región SAM, a diferencia de CAR, donde Airbus y Boeing son los fabricantes de mayor predominancia en la región.

Coppa, Tomassini, D’lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

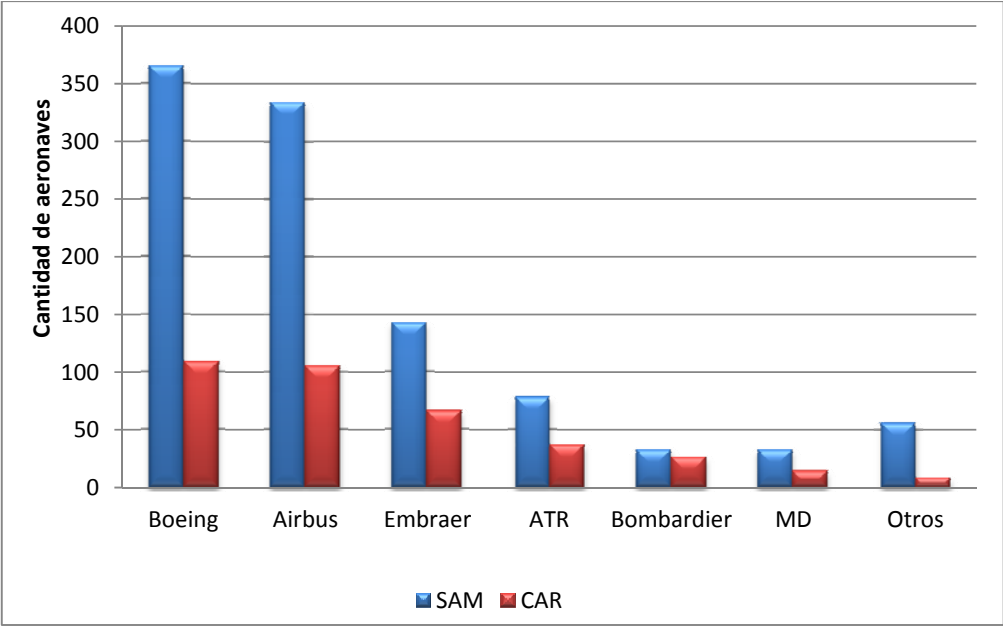


Figura 10. Cantidad de aeronaves de acuerdo a los fabricantes según región OACI, escenario 2012

Respecto a la edad de la flota discriminado por país, se presenta el siguiente gráfico:



Figura 11. Edad promedio de la flota de la región CAR SAM, Escenario 2012

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

Es importante destacar que la relación de aeronaves de fuselaje angosto sobre aeronaves de fuselaje ancho, en el caso de la región CAR, es casi 3 veces mayor la relación en la región SAM.

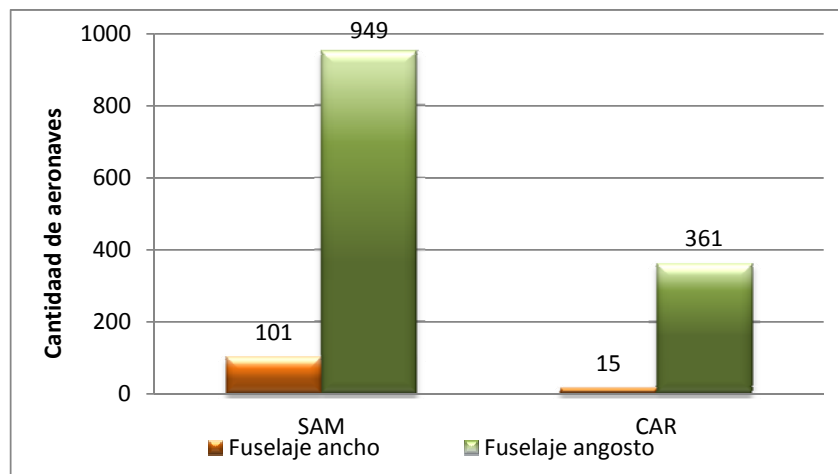


Figura 12. Cantidad de aeronaves de acuerdo al tipo de fuselaje según región OACI, escenario 2012

Del análisis de aeronaves de fuselaje angosto, podemos clasificar dichas aeronaves como regionales o de largo alcance:

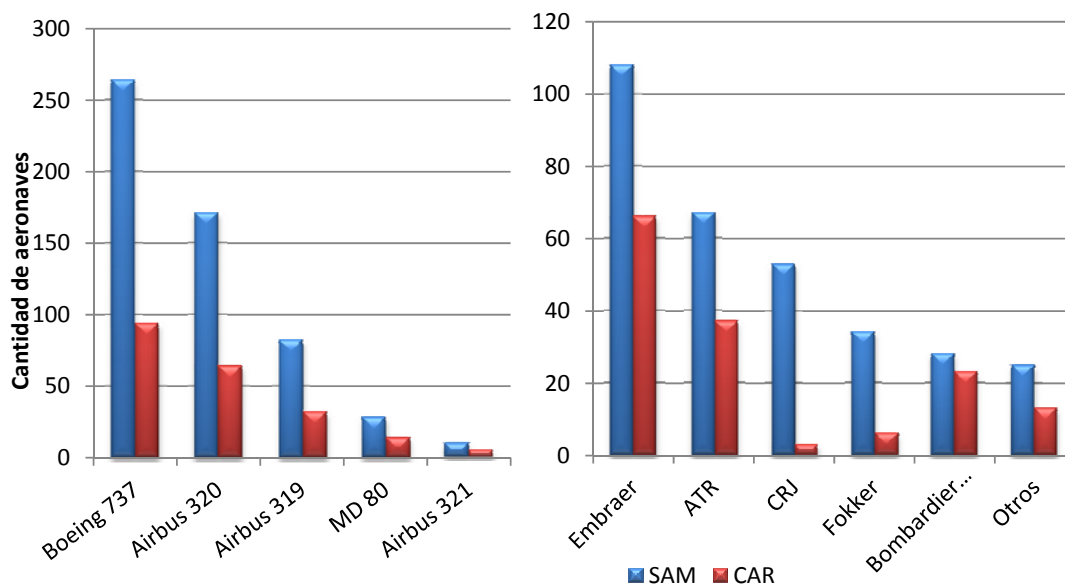


Figura 13. Distribución de aeronaves de fuselaje angosto a) de largo alcance b) regionales.

En el siguiente mapa se muestra la distribución de plantas poder en la región respecto al fabricante:

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

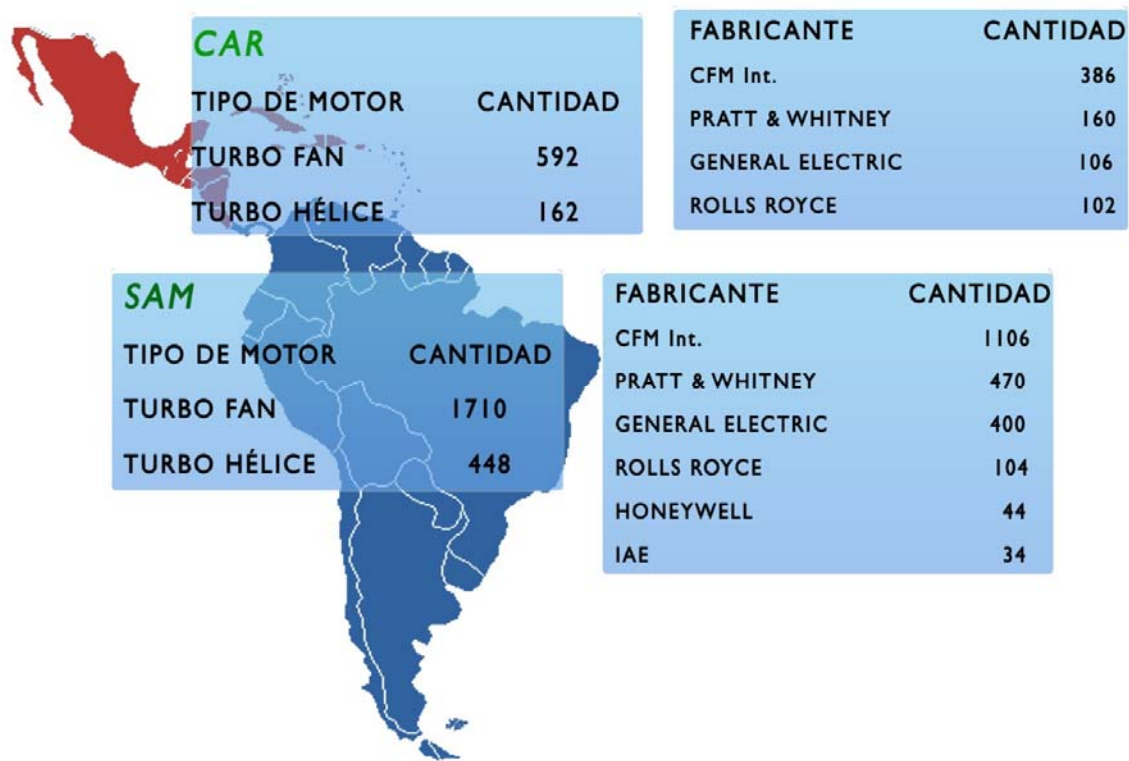


Figura 14. Distribución de motores y fabricante en las regiones OACI - CAR SAM

Asociado dichas plantas poder se compara a continuación las emisiones gaseosas generadas en un ciclo LTO por las regiones analizadas:

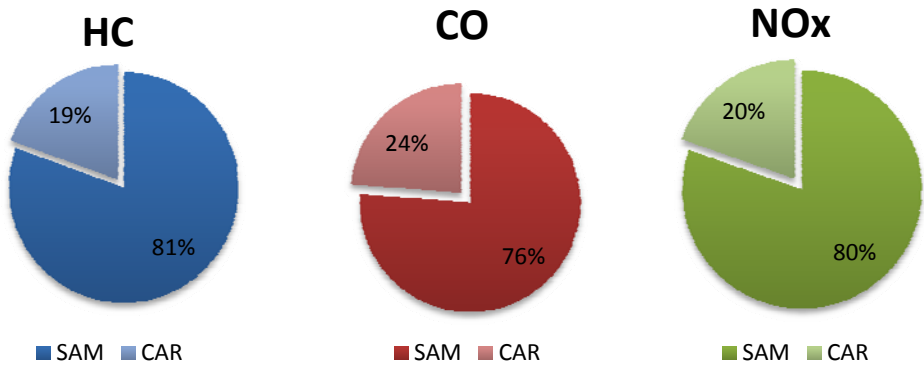


Figura 15. Porcentaje de emisiones gaseosas por ciclo LTO, escenario 2012

En la siguiente figura se cuantifican dichas emisiones, observando claramente la diferencia relativa entre ambas regiones.

Coppa, Tomassini, D'lorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

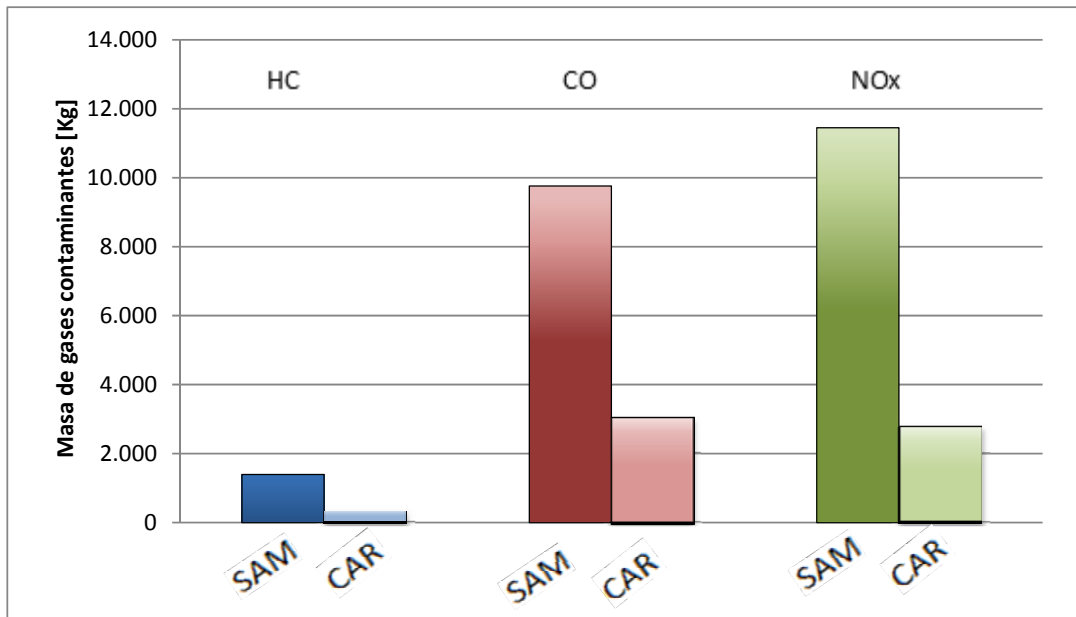


Figura 16. Cuantificación del aporte contaminante de los gases estudiados en las regiones CAR SAM

CONCLUSIONES

De las 119 aerolíneas comerciales operativas al momento del presente estudio, se observa que el 30% corresponden a los dos países con mayor participación aeronáutica comercial en la región (México, 17 aerolíneas % y Brasil cantidad de aerolíneas (19%)) pero a su vez es importante destacar a Venezuela con un total de 14 aerolíneas y un 12% del total de la región CAR SAM.

Respecto a las características de la flota de las regiones analizadas, se observa que Brasil posee una de las flotas más jóvenes de la región (8.66 años) y a su vez es el país con mayor cantidad de aeronaves (464 aeronaves), por otro lado cabe destacar el peso relativo de México y Colombia con el 17 % y el 8 %, respectivamente, de la cantidad de aeronaves total operativas en la región.

Con el fin de obtener un valor de aportes en el tiempo, es sumamente necesario cotejar los valores obtenidos con los datos de frecuencias de los operadores aéreos; es de esperar que las emisiones en el entorno aeroportuario de los países con mayor cantidad de aeronaves multipliquen el aporte debido a la cantidad de operaciones.

El sector de transporte aéreo, debido a acuerdos empresariales, políticas de estado y constante renovación de flota, se caracteriza por su fuerte dinamismo, es por ello, que el análisis de situación actual debería ser acompañado de una evolución histórica de las características de la flota y políticas aplicadas por los operadores aéreos, para entender en su conjunto la proyección y la situación de las regiones bajo análisis.

Los resultados obtenidos de emisiones gaseosas dependen fuertemente de la cantidad de operaciones, pero se observa a su vez, que el tipo y modelo de aeronave con su planta poder asociada, son un parámetro de gran importancia al momento de cuantificar dichos aportes contaminantes.

Los valores obtenidos muestran que es necesario a nivel global la implantación de operaciones y procedimientos, tanto en aproximación como en tierra, para la mitigación y reducción de aportes.

Coppa, Tomassini, D'Iorio y Di Bernardi - Análisis comparativo de flotas aerocomerciales CAR-SAM y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO.

REFERENCIAS

- [1] Flight Global, "Special Report: World Airliner Census 2012", *Airlines Business*, Abril 2012.
- [2] Flight Global, "Fairline employment & fleet forecast trends 2013", *Airlines Business*, Marzo 2013.
- [3] Flight Global, "Special report: Regionals 2012", *Airlines Business*, Octubre 2012.
- [4] OACI, "Aircraft Engine Emissions Databank", Marzo 2012.
- [5] FOI Aviation Environment, "Tablas de emisiones contaminantes por aeronaves", Diciembre 2001.
- [6] OACI, "Anexo 16", Apéndice 4, Julio 1993.
- [7] Coppa Matias, D'Iorio Juan Ignacio, Di Bernardi Alejandro, Pesarini Alejandro, Di Gregorio Pablo, "Análisis de la flota aerocomercial en América del Sur y su aporte gaseoso contaminante en ciclos LTO", Segundas Jornadas de Investigación y Transferencia, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

DESARROLLO Y PLANIFICACION DEL AEROPUERTO EZEIZA “MINISTRO PISTARINI” DESDE SU CREACION EN RELACION AL TRAFICO AEROCOMERCIAL .

Gustavo Roberto D'Antiochia

*Miembro - Asociación Profesional Argentina de Despachantes de Aeronaves (APADA) .
Docente - Departamento de Desarrollo Aeroportuario, Universidad Provincial Ezeiza ,
Argentina .*

Casilla de Correo Nro. 1. Espigón A. Aeropuerto Ezeiza Ministro Pistarini. (1802)- Pcia Bs As
– Republica Argentina.
Email: fotojet@hotmail.com

RESUMEN

Realizando un recorrido histórico, en la década del 30 apenas comenzó a incrementarse el tráfico Aéreo Nacional e Internacional con la llegada de Aeronaves de porte más significativo para la época se planteo la urgencia de dotar a la Ciudad de Buenos Aires de un Aeropuerto de grandes dimensiones e importancia que no solo considerara las necesidades presentes , sino las de un futuro , de mayor desarrollo en la Aviación Comercial Mundial.

Debido a ese futuro incremento de tráfico Aéreo ya en el año 1935 se dispuso mediante la ley 12285 la construcción dentro de los límites de la Ciudad de Buenos Aires de un Aeropuerto destinado a satisfacer las necesidades del tráfico Aéreo de la época .

Los objetivos de este trabajo son demostrar que la obra original del proyecto Pistarini de un Aeropuerto para la Ciudad de Buenos Aires no estaban lejos de la realidad actual por lo que si este emprendimiento Aeronáutico que fue diseñado ayer , con todos los valores y conocimientos ecológicos , técnicos , edificios y de obra pública de la época despertaría admiración a quien lo proyectase hoy .

Making a historical routing, in the 30's just started to increase Aerial Traffic, National and International too, with the arrival of aircraft carrying more significant payload and passengers for the era, was raised the urgency to provide the City of Buenos Aires of a large airport dimensions and importance, which not only consider present needs, but those of future with more development in the Global Commercial Aviation.

Because that future Air Traffic increase, in 1935 set out by the law number 12285 the construction within the bounds of the City of Buenos Aires of an Airport designed to provide the needs of the Air Traffic at that time. The target of this work are, to illustrate that the original work of the Pistarini project of an Airport to the City of Buenos Aires were not so far, from the current present day, so if this Aeronautical enterprise which was designed yesterday, with all values and ecological knowledge, technical , and public works of those years, arouse admiration today to whom project itself.

INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA AEROPORTUARIA

El Aeropuerto constituye el pilar básico sobre el cual se desenvuelve la actividad aeronáutica, al punto de poderse afirmar que sin su existencia sería imposible el desarrollo del transporte aéreo como instrumento de traslado de pasajeros a través de diversas regiones.

[3] Todas las unidades de trabajo aeroportuarias , económicas , complejo de instalaciones , edificios constituyen una pequeña ciudad dentro del territorio que se encuentre , dotado de una organización administrativa , bajo la dirección de un Jefe o Administrador que coordina las complejas funciones que en él se realizan durante todo el día en forma ininterrumpida .

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

Si la infraestructura general aeronáutica, considerada como un conjunto de instalaciones y servicios, existentes o prestados con el fin de atender la seguridad y regularidad de las operaciones aéreas, por eso al aeropuerto se lo considera como un todo orgánico que concentra gran parte de las operaciones y actividades relacionadas con el transporte por aire de personas y cosas.

Normalmente al iniciar un viaje aéreo internacional nos preocupamos por nuestro equipaje, por los documentos, por el dinero y pasajes. Al llegar al Aeropuerto luego del Check-In nos instalamos en el asiento de la aeronave y volamos hacia el punto de destino. Pocos o ninguno de esos pasajeros perciben que servicios y facilidades se les brindan para que su viaje sea más confortable y seguro dentro de ese aeropuerto.

Ese aeropuerto que es un organismo muy complejo y lo vamos a considerar como un subsistema global del tráfico aéreo, al que hay que organizar con absoluta seguridad, garantizando que sus múltiples relaciones e interacciones con el medio aéreo funcionen en forma correcta.

Un Aeropuerto puede ser comparable con un organismo vivo y por lo tanto hay que orientar su estudio hacia su comportamiento dinámico, comenzando a analizar el crecimiento del tráfico aerocomercial mundial relacionado con nuestra zona terminal de operación afectando de afectando en forma considerable su crecimiento al tamaño de las instalaciones y servicios del aeropuerto.

EL COMIENZO DE LA HISTORIA DE EZEIZA

[1] Luego de idas y venidas por el año 1943 se formó una comisión de trabajo que determinó que lo normado en 1935 había quedado desactualizado, este equipo de trabajo recomendó la construcción de un Aeropuerto Internacional que concentrara todas las operaciones comerciales en un predio de alrededor de 7500 Hectáreas en la localidad de EZEIZA.

Como ya comentamos en el resumen de este trabajo la comisión de trabajo formada para este proyecto, que fue realizado íntegramente por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), dirigido por el General Juan Pistarini y secundado en la comisión de Estudios y Obras del Aeropuerto por el Ingeniero José Garralda.

Para dar paso a la creación de un aeropuerto internacional, acorde con la constante superación que presentaban los transportes aéreos en el mundo, el Estado aprobó su construcción por ley 12.285 del 30 de setiembre de 1935.

[9] Elegido el lugar, situado a 16 kilómetros del límite S. O. de la ciudad de Buenos Aires, a tan sólo 20 kilómetros del Congreso Nacional (Monolito Km. cero), sobre una planicie elevada exenta de humo y factibles inundaciones, cuya cota es de 20 m. de altura, se confiscaron al territorio del partido de Esteban Echeverría 70,36 kilómetros cuadrados. Primitivamente las tierras elegidas, en su gran parte, pertenecieron a la antigua estancia "Los Remedios", fundada en 1758. Con el correr de los años se produjeron en su área numerosos fraccionamientos, convirtiéndose en propietarios gran cantidad de vecinos y familias.

En 1944 el Ministerio de Obras Públicas de la Nación editó un plano, donde se puntualiza el área a confiscar para dar paso al inicio de las obras del referido aeropuerto (plano "Aeropuerto Nacional" -Decreto N° 26.966/44 - Escala 1: 30.000). Allí se podía observar, el espacio afectado e igualmente el nombre de los dueños y la cantidad de hectáreas, áreas y centiáreas tomadas. La incautación trajo aparejadas varias consecuencias desfavorables y malestar en general, por el bajo precio abonado por el Estado, por las distintas parcelas con y sin mejoras que quedaban en el lugar, lo que motivó la desazón de muchos vecinos, particularmente los de mayor arraigo, quitándose algunos la vida al considerarse estafados y en la ruina total.

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

Por los años 1935/45 los propietarios de la tierra se dedicaban en general a las tareas agrícolas; producción tambera; quintas de verduras, etc. En estos años no se hicieron mejoras, cuando se supo de la confiscación de las tierras.

Cuando se procedió a la expropiación de los campos se inventariaron todas las existencias adheridas o fijadas al mismo suelo. Cada cosa, cada objeto, cada elemento fue debidamente observado y analizado, tomándose nota del estado, marca, modelo, características, etc., para constancia, abriéndose un expediente, propiedad por propiedad, tarea que estuvo a cargo del Ministerio de Obras Públicas de la Nación (Expediente N° 2840/1945).

El 17 de mayo de 1945, a las 16 horas, toman posesión de los lotes designados con los números 146 y 147, los representantes del gobierno nacional. En este caso se hizo un detalle de la casa principal, o sea el viejo casco de la estancia "Los Remedios", caso tomado a modo de ejemplo. Ese día se inventariaron hasta los árboles en pie.

Esta primera confiscación de tierras que afecta al partido de Esteban Echeverría en un 18% aproximado de su superficie original e histórica, le restó:

Superficie original e histórica	390,09 km ²
Superficie confiscada para el aeropuerto	70,36 km ²
Comparando la superficie de la capital federal que es de 202 kilómetros cuadrados	

Rápidamente se dispusieron las expropiaciones de terrenos y ejecución de las obras que probablemente fueran el emprendimiento urbanístico más importante del Peronismo ya que con sus dimensiones y su objetivo principal que fue el Aeropuerto, se proyectó la construcción de un barrio completo de viviendas, se forestaron más de 2500 hectáreas, se construyó en ese momento la mayor autopista del país de 21 kilómetros de largo con dos manos de 10 metros cada una, tres colonias infantiles e instalaciones recreativas, las más importantes cercanas al área metropolitana que fueron las piletas olímpicas y las piletas populares hoy puestas en valor nuevamente. Las hectáreas forestadas con unos cinco millones de árboles preferentemente eucaliptos, álamos, sauces y coníferas; adyacentes al gran balneario popular, todo ello vinculado por un sistema de sendas y de caminos secundarios constituían un magnífico pulmón para la Capital y un lugar de sano esparcimiento para los Argentinos de la época.

[14] El 22 de Diciembre de 1945 se coloca la piedra Fundamental del Aeropuerto Ezeiza, el 5 de Abril de 1949 por Decreto 8272 y por considerar el esfuerzo creador y su constante dedicación personal, y además porque los obreros que trabajaron en su construcción expresaron su anhelo de que el Aeropuerto llevara el nombre de su gestor principal, por ello se determinó darle el nombre de Ministro Pistarini.

El 13 de Julio de 1948, por Decreto 20.828 (BAP407) se nombra Jefe de Aeropuerto Nacional de Ezeiza al Vicecomodoro Ovidio Luis Gomez, Jefe de Operaciones al Comandante Juan José Guiraldes y Jefe del Servicio de Control de Aeródromo al Comandante Gustavo Argentino Marambio.

El 30 de Abril de 1949, con la presencia de las más altas autoridades nacionales y numeroso público se procede a inaugurar oficialmente el “Aeropuerto Nacional Ministro Pistarini”.

En cuanto a la obra, se adaptó el modelo en base a las observaciones realizadas de los emprendimientos Aeronáuticos Mundiales más modernas de la época y según los planos del proyecto original la obra consistía en Edificios Centrales con pistas tangenciales. Los Edificios principales fueron tres, que ocuparían el rol de Aerostación, Correo y Aduana y

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

el tercero el Hotel Internacional. Estos edificios estarían conectados entre sí por los Espigones donde operarían las aeronaves, solamente fueron construidos dos de los seis proyectados.

SUS PROYECTOS Y MODIFICACIONES

Hacia finales de la década del 50 más precisamente en 1959 / 1960 una aeronave sorprendió a sabios y entendidos, fue la llegada del avión a retropropulsión, más conocido como Jet o avión a chorro, Todos hablaban de este nuevo aparato, era demasiado espectacular, ese jet tuvo un nombre mágico que se coló en todas las conversaciones cotidianas de 1959 y 1960: El Comet IV. Esa aeronave no solo redujo a la mitad la duración de todos los vuelos sino que los aeropuertos donde operaba necesitaba pistas más largas y Ezeiza las tenía.

Fue así que *Aerolíneas* recibe, el 2 de marzo de 1959 en el Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini, el primer jet de este tipo con el nombre de *Las Tres Marías*, adelantándose una vez más, a las otras compañías aéreas de Sudamérica y con los que mantuvo un crecimiento sostenido durante los años '60, inaugurando el 19 de mayo de 1959 el vuelo en jet a Europa (Londres, Madrid, París y Roma) y el 30 de ese mismo mes a los Estados Unidos. Cabe destacar que Aerolíneas fue la primera compañía en volar reactores en Latinoamérica.

[11] Aerolíneas Argentinas emprendió ese paso a la modernidad cuando aterrizó una de sus primeras aeronaves de un total de seis compradas a la BOAC acortando distancias por ejemplo de 17 horas a Londres en lugar de las 35 de los DC-6.

Viajar a Nueva York en 13 horas con una sola escala era algo impensado, pero comenzaba la era del Jet y como comentamos Ezeiza estaba preparado, pero aun así se por ejemplo se prolongó la pista 10/28 (actual 11/29) a 3300 metros y los sistemas de iluminación de aproximación.

La otra aeronave con un estilo similar que operaba en Ezeiza por ejemplo también en Aerolíneas Argentinas fue el Caravelle con una configuración de pasajeros de 85 asientos.

Estas aeronaves también eran operadas por otras empresas que operaban en Ezeiza, pero durarían solo 10 años ya que dejaron de volar en el año 1971 donde ya daban lugar a los Boeing 707 con otros requerimientos para el aeropuerto como por ejemplo los 67 pasajeros del Comet y los 85 del Caravelle contra los 160 del Boeing 707, eso trajo aparejado otros problemas en el aeropuerto que era la cantidad de pasajeros que ya comenzaron a conformar las largas filas en los check-in, migraciones, aduana y el consecuente incremento de equipaje por la mayor cantidad de pasajeros transitando en el aeropuerto.

[10] Es importante definir, para poder estudiar el incremento de los pasajeros, la cantidad máxima de pasajeros servidos durante la hora más activa del día por un periodo de varios días. Por ejemplo tenemos que para la época que estamos analizando en estos párrafos (años 60) la cantidad de pasajeros durante la hora de tránsito máximo es de 211 (incluyendo pasaje tanto internacional como doméstico operando en Ezeiza).

Anteriormente al comienzo de la década del 70, en el año 1966 surge el primer proyecto de remodelación del Aeropuerto Internacional Ezeiza según lineamientos preparados por la Dirección Nacional de Aviación Civil la iniciativa fue incluida y tenida en cuenta por el Plan Maestro de Infraestructura (R.N.A.E Junio 1966 Nro289) destinado a dotar ampliar o perfeccionar las instalaciones de aeródromos y aeropuertos públicos de todo el país. Con una erogación de costos relativamente bajos en relación a la importancia y significación de los trabajos aprovechando íntegramente lo existente y solo requiere llevar a cabo trabajos menores destinados a concretar el criterio esencialmente funcional que inspiró la iniciativa de dicha remodelación.

Dicho proyecto de remodelación admite la operación simultánea de 22 aeronaves de porte internacional contemplando todas las actividades específicas relacionadas con el despacho y

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

recepción diferenciándose netamente las zonas o sectores delimitados para el arribo y salida de pasajeros .

Por ejemplo el sector de plataforma reservado a la llegada y tránsito de pasajeros , se extendería en un amplio semicírculo frente al actual hall central , con una capacidad operativa simultanea de seis aviones , utilizando para el acercamiento de las aeronaves los sistemas de Push-Back de la época . También estaban previstas seis pasarelas telescópicas que permitirán a los pasajeros desembarcar bajo techo e ingresar a la galería vitrada que acompaña la forma semicircular de la plataforma de arribo que llevara a los pasajeros a las dependencias reservadas para los servicios de Sanidad , Migraciones y Aduanas .

La pileta de Natación Central y sus jardines circundantes serán ocupados por la plataforma de llegada, también introduciendo las modificaciones necesarias para convertir parte de esa zona en un depósito de equipajes que contara con una rampa para el acceso para los carros de las maletas. Estas cintas transportadoras subterráneas elevaran el equipaje desde el referido depósito hasta los dos carruseles de distribución instalados en el sector de aduanas.

En el mismo hall central las empresas de transporte aéreo tendrán aspectos reservados para que el personal de recepción proporcione informes, habilitándoles también espacios para oficinas de hoteles, cambio de moneda, comunicaciones, correo, arrendamiento de automóviles, etc. En el proyecto del hall central de llegada y los espigones laterales, que servirán exclusivamente para el despacho de aeronaves (salidas), se instalaran galerías con locales comerciales, a semejanza de los existentes en los modernos aeropuertos de jerarquía internacional.

Fuera del hall central, pero siempre bajo techado, las empresas de servicios aéreos dispondrán de cinco posiciones para estacionamiento de ómnibus que traigan o lleven los pasajeros. En el mismo hall central, pero en el primer piso y con acceso mediante dos escaleras mecánicas y cuatro ascensores, funcionara una cafetería y restaurante de servicio rápido, accesible a todos los concurrentes al aeródromo, mientras frente al hall central será habilitada una playa de estacionamiento circular, con capacidad para no menos de 500 automotores.

Como ya se ha dicho el despacho de pasajeros (salida) se realizara desde los espigones laterales al edificio central, los que también serán reacondicionados. En primer término un alero amplio e integral permitirá al pasajero descender del vehículo que lo transporta al aeropuerto bajo techado frente a la puerta de acceso al salón general que corresponda a la compañía a la cual viaja. A lo largo de ese salón o hall (que entre ambos espigones suman 500 metros de desarrollo total) se extenderá la línea de mostradores y balanzas de las respectivas líneas aéreas. A dos metros y medio detrás de ellas una pared pantalla separara la zona de atención al público de las dependencias internas de las empresas, cuyo personal tiene acceso directo a la plataforma de operaciones. Salones de embarque con sus puertas externas orientadas hacia la plataforma permitirán al pasajero acercarse hasta la aeronave, protegido de las inclemencias climáticas.

Igualmente el proyecto contempla otro aspecto importante y que está ganando creciente significación en el transporte aéreo. Se trata de la carga por avión, actividad que se posibilitara de modo que tal modalidad del transporte aerocomercial cuente con el máximo de facilitación. Para ello se ha previsto en la proyectada remodelación de Ezeiza un sector exclusivamente reservado a las operaciones de ese género, procurando eliminar factores adversos al propósito de lograr fletes más ventajosos en la exportación de los productos nacionales. Finalmente el proyecto contempla la habilitación de un área industrial para trabajos de mantenimiento menor de las aeronaves como anexo una planta de combustibles y lubricantes convenientemente aislada del conjunto operativo funcional, por razones de seguridad.

A fin de atender en forma optima a quienes arriben al país con motivo del XI Campeonato de Futbol por la Copa Mundial de la FIFA , se hizo necesario efectuar remodelaciones y ampliaciones para adecuarlo al trafico aéreo y de pasajeros que afrontaría ese evento deportivo .

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

Los trabajos de refacción encarados tuvieron por objeto adecuar las instalaciones al caudal de pasajeros previsto , esta adecuación ya había sido estudiada en el año 1966 y no se había ejecutado aun .

Los puntos principales de dicha remodelación se basaron en adecuación de las circulaciones de los pasajeros que arriban y que parten de modo de lograr mucha mas fluidez que la que tenia con anterioridad. Recuperar también las grandes superficies que necesitan los pasajeros para su tratamiento global. Ágil circulación vehicular en el acceso al espigón Internacional y adecuadas facilidades bajo techo de asenso y descenso de personas al frente del edificio.

[6] A grandes rasgos se opto por la necesidad de usar y ampliar la estructura de hormigón armado existente y de finalizar en un plazo perentorio la remodelación , interfiriendo lo menos posible el funcionamiento de la aeroestación , para ello se selecciono como elemento principal del desarrollo a estructuras netamente metálicas .

La superficie cubierta será llevada de 13.683 metros cuadrados a 32.780 metros cuadrados cifra que significa casi triplicar la superficie inicial.

[7] También se logro una total explotación de la capacidad de estacionamiento y maniobra de aeronaves para lo cual se ha previsto su nueva ubicación “nariz adentro” contra el frente de la aerostación . Ello ha sido posible mediante la elección del uso de pasarelas telescópicas que vincularan en forma directa las salas de pre – embarco del primer piso con las aeronaves.

Otro cambio fundamental fue que la circulación de los pasajeros han sido definidas en base a una neta separación ente aquellas que arriban de las que parten , criterio que igualmente se ha adoptado respecto de los equipaje . Este tratamiento se ha logrado por medio de la disposición de dos plantas.

La Planta baja contiene principalmente un gran hall publico que se ubica en su centro, el despacho de los pasajeros de las compañías aerocomerciales en sus dos alas y sector destinado a la devolución de los equipajes a los pasajeros que arriban , junto con los servicios de inmigraciones , aduana y sanidad , en el sector frontal .

La planta alta salvo un espacio destinado a confitería para el público , es un nivel bajo el control de aduana , en el cual se encuentran ubicadas salas de pre-embarco de pasajeros vinculadas por grandes espacios comunes que contaran con comercios libres de impuestos internos los Duty Free Shop que hicieron su debut en el Aeropuerto Ezeiza en esos años .

Ambos niveles se encuentran comunicados entre si mediante cuatro baterías de escaleras mecánicas y un número suficiente de escaleras fijas. Dentro de las salas de desembarque hacia el sector de Migraciones para arribo ubicadas en planta baja también eran conectadas con escaleras mecánicas un par en el ala sur y otro par en el ala norte .

[8] La capacidad global del Espigón Internacional, así llamado al sector que fue remodelado en su totalidad, había sido estimada en el orden de los 4 millones de pasajeros anuales , para ello como ya habíamos indicado se habían instalado las 10 mangas telescópicas en los puestos de estacionamiento de las aeronaves , de los cuales la mitad admitiría aeronaves de tipo Boeing 747 Jumbo y otras denominadas fuselaje ancho que ya comenzaban a operar en esos años . Cabe destacar que de las pasarelas telescópicas estimadas originalmente no se colocaron las números 1 (uno) y 10 (diez) que fueron colocadas en otros Aeropuertos del Interior del país, si se colocaron las pasarelas en las posiciones 11 (once) y 12 (doce) en el llamado espigón de Aerolíneas Argentinas donde operaba exclusivamente la línea de bandera, completando las 10 posiciones con pasarela telescópica. Cabe destacar también que en la década del 80 se coloco la manga o pasarela número 13 (trece) que completo el total de 11 mangas que ha tenido Ezeiza hasta la remodelación de estos últimos años donde se incrementaron sensiblemente la cantidad de estas estructuras de facilitación.

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

El dimensionamiento interior y el estudio de las circulaciones para esta remodelación se fijó adoptando como hipótesis que tres aeronaves B 747 Jumbo completas de pasajeros (unos 1100 pasajeros) arribaran simultáneamente , las cuales deberían ser evacuadas en no mas de 30 minutos . Para ello se dotó de un nivel adecuando los servicios concurrentes de migraciones y aduana .

Esta nueva estructura de Aeropuerto Ezeiza sobrevivió sin sobresaltos unos pocos años de efectuada la misma donde en la décadas posteriores (80 y 90) comenzaron a suscitarse problemas nuevamente de adecuación al tráfico aéreo .

[8] Como dato importante entre 1981 y 1990 el número de aeronaves de transporte aerocomercial en servicios de los transportistas de estados contratantes de la OACI aumento en algo más del 38% pasando de 8800 unidades a 12.200 unidades , entre el tipo de nuevas aeronaves que comenzaron a operar en el Aeropuerto Ezeiza desde comienzos de la década del 90 tenemos : B747-400 con KLM , British Airways y Lufthansa , MD-11 con Swissair , Varig y Alitalia y Boeing B767-300 con Lan Chile , estas aeronaves marcaron diferencias entre las anteriores a la década del 80 con aerolíneas que mayormente operaban con B707 , DC8 y B727 .

También podemos destacar el Jumbo B747 que ha marcando un hito en la historia de Aerolíneas Argentinas que comenzó el 14 de enero de 1979, a las 09,38 hs, cuando aterrizaba en el aeropuerto internacional de Ezeiza la aeronave B- 747/200 – matriculada LV-MLO – que sería la primera de una serie de tres que el Estado nacional compraba directamente a la fábrica Boeing CO. De Seattle.

Aerolíneas Argentinas, desde 1979 a la fecha, operó trece aeronaves de estas características y desde el año 1990 hasta enero de 2012, los Jumbos volaron más de 500 mil horas. El B-747 fue, hasta la aparición del Airbus A-380 hace pocos años, el avión comercial más grande del mundo y fue Aerolíneas Argentinas la primera empresa que incorporó este tipo de aeronave en toda Latinoamérica y fue ella la mayor operadora de este tipo de aeronaves en el Aeropuerto Ezeiza.

También en la década del 90 dentro de Ezeiza y su incremento de tráfico aéreo podemos destacar el incremento de algunos charters hacia fines del año 1991 autorizados gubernamentalmente por la quiebra de PanAm , empresa que tenía un tráfico aéreo muy importante , con mas de una frecuencia diaria desde Ezeiza tanto a Chile , Brasil en escalas y con vuelos directos a Estados Unidos , dicha línea fue reemplazada por United Airlines , comenzando sus vuelos el 01 de Febrero de 1992 operando con aeronaves B747 y B767 con varios vuelos diarios .

Cabe destacar también que a lo largo de la década del 80 en nuestro país dos fueron los problemas que interfirieron para una mejor evolución del transporte internacional en nuestro país .

El primero de ellos sucedió o comenzó en abril de 1982 con la Guerra de Malvinas que origino una serie de trastornos en el mercado Aerocomercial Internacional ya sea por la suspensiones provisorias de la exportación e importación con determinados países, como el tráfico de pasajeros sobre todo en el turismo receptivo . Años mas tarde también llegarían las quiebras de Eastern Airlines , la reemplazante de Braniff que quebró en 1981 y Pan American , esta ultima fue la mas significativa en nuestro país por el importante tráfico que tenía en Ezeiza .

El conflicto por las Islas Malvinas que comenzó en Abril de 1982 trajo como consecuencia que la Comunidad Económica Europea dispusiera medidas contra nuestro país y como es lógico suponer la empresa aérea British Caledonian fue la primera en suspender sus vuelos desde el Aeropuerto Ezeiza al mismo tiempo que la empresa Aerolíneas Argentinas abandonaba sus operaciones en el Aeropuerto de Heathrow cortando de esta manera todo acuerdo bilateral entre los transportistas.

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

Días mas tarde otras empresas europeas cortaron sus servicios a Ezeiza como ser Lufthansa que operaba sus vuelos desde Montevideo al igual que Air France a partir del 1 de Julio de 1982 . Solamente levantaron sus servicios desde Ezeiza ya que mantuvieron sus oficinas comerciales en Capital Federal. Otras que cortaron también sus servicios fueron KLM y Scandinavian Airlines que operaba en Ezeiza con aeronaves DC10 . Las únicas Aerolíneas Europeas que continuaron operando a pesar de las restricciones fueron Iberia, Alitalia y Swissair . En Enero de 1990 tanto Aerolíneas Argentinas y otra empresa Inglesa British Airways recíprocamente comenzaron a volar a Inglaterra y Argentina respectivamente.

Hacia fines de 1991 se reglamento con el Decreto 2538 la realización de servicios de transporte aéreo no regular interno e internacional con aeronaves de gran porte , que permitía a transportadoras Argentinas y extranjeras no regulares cubrir vuelos con charters , siendo una empresa Argentina que aparecía en esa época Aeroposta una de las principales beneficiarias con destino Miami , junto también con Aerolíneas Argentinas y Austral y la floreciente DINAR que comenzó a operar sus charters en 1992 .

Haciendo un análisis del tráfico aéreo aerocomercial en el Aeropuerto de Ezeiza hacia comienzos de la década del 90 podemos destacar :

El promedio diario de los vuelos (arribos y despegues) era de 75 movimientos promedio .

Los días de semana de mayor tráfico eran los domingos con 95 vuelos .

Los destinos y procedencias más importantes eran en primer término Brasil con 15 vuelos diarios promedio , le seguía Santiago de Chile con 10 vuelos promedio diarios . Ambas rutas eran cubiertas primariamente por Varig y VASP (Brasil) y Lan Chile y LADECO (Chile) además de las escalas de las rutas de aerolíneas con otros destinos distantes .

En cuanto a horarios pico de arribos y despegues diarios promedio era en esa época de 11.00 y las 14.00 Horas oficial argentina con 24 operaciones (arribos y despegues) teniendo en ese lapso un 35% de las operaciones diarias que se producen en el aeropuerto .

En esos años el Aeropuerto Ezeiza contaba con solo los dos espigones uno el Internacional que ya habíamos comentado fue remodelado en el 1978 para el Mundial de Futbol , donde operan las empresas aéreas extranjeras . Aerolíneas Argentinas cuenta con un espigón propio donde realiza el check-in y embarque de sus vuelos , contando también con sus propias salas VIP .

Ya en esta década se comenzaban a notar las falencias por falta de infraestructura notando por ejemplo problemas en los check-in de las empresas internacionales que tenían sus mostradores asignados e inamovibles , donde los pasajeros deberían afrontar penosas filas con gran aglomeración de pasajeros y de publico acompañante .

En algunas empresas con grandes caudales de pasajeros era más notable , por ejemplo Iberia , Alitalia y Aeroflot . Otras empresas comenzaron a organizar mejor agrupando solo a los pasajeros que viajaban en corralitos con controles pre check-in (profile) luego adoptado por la mayoría de las líneas aéreas dado el escaso lugar y desorden en las salas de las alas norte y sur de check-in de pasajeros . Otro paliativo que las autoridades de Fuerza Aérea Argentina (como Comando de Regiones Aéreas) quienes eran la autoridad del aeropuerto y concesionario en esa época , construyeron en el Ala norte del espigón Internacional los mostradores de la VASP y de British Airways . En esta década VASP comenzaba con su operación en Argentina para competir con Varig y la compañía de bandera inglesa British Airways comenzaba sus vuelos después de una década sin vuelos de bandera inglesa en Argentina por el conflicto de la Guerra de las Malvinas. Estos mostradores fueron construidos en área donde había una sala de embarque frente a la posición número dos en planta baja donde operaba esporádicamente austral y había operado Aeroposta Argentina antes de su quiebra, quien era atendida por Intercargo como servicio a terceros ya que no contaba con personal propio.

Otro elemento en el aeropuerto que ya denotaba deficiencias era la playa de estacionamiento que siempre fue arancelado, en esos años la recaudación dependía de la entidad Caritas y contaba con capacidad aproximada para 2500 automóviles y unas pocas garitas de cobro de

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

peaje que eran desbordados totalmente en su capacidad en especial los días domingos en horarios de medio día .

El espigón Internacional poseía 4 grandes salas de embarque en el primer piso y una de menor dimensión en planta baja. El Espigón de Aerolíneas Argentinas posee dos largas salas de embarque en el primer piso orientadas hacia lo largo del edificio. También cabe destacar que como elemento de facilitación para encaminar los pasajeros en tránsito, se conectó también en esta década, al espigón internacional con el de aerolíneas argentinas mediante un túnel o pasarela para evitar que los pasajeros en tránsito deban hacer migraciones y retirar su equipaje y luego realizar nuevamente el check-in en el caso de conexiones con la línea aérea de bandera.

En esa misma década año 1992 también se determinó cerrar la pista 05-23 que contaba con 2200 metros de longitud y 70 metros de ancho, pero no tenía ayudas a la navegación, estaba muy deteriorada y era relativamente corta para vuelos con restricciones, por lo que se inhabilitó y se la comenzó a utilizar como calle de rodaje y como en la actualidad la cabecera 05 se utiliza para estacionamiento de aeronaves.

El 28 de septiembre de 1998, Aeropuertos Argentina 2000 se hizo cargo del aeropuerto, en el marco de la privatización del Sistema Nacional Aeroportuario.

En la gestión anterior a Aeropuertos Argentina 2000, el Comando de Regiones Aéreas dependiente de la Fuerza Aérea Argentina comenzó con la re categorización de Ezeiza para las operaciones ILS Categoría II y III a .

El sistema de iluminación del aeropuerto fue equipado con un nuevo sistema de aproximación, nuevas luces indicadoras de inicio y final de pista, una completa zona de aterrizaje y un sistema de línea central, sistemas PAPI, nuevas luces laterales y centrales para las calles de rodaje, nuevos reguladores constantes de corriente eléctrica y nuevos transformadores. Las obras en el cruce de ambas pistas fueron un gran desafío, ya que se llevaron a cabo sin interrumpir las operaciones de tráfico aéreo. Como resultado de las obras, la pista 11/29 fue re categorizada a la CAT IIIa por la OACI. El siguiente paso fue la instalación de un nuevo ALCS (Airfield Lighting and Control System o Sistema de Iluminación y Control del Aeropuerto) y una actualización al sistema de control y monitoreo de luces individual.

Desde septiembre de 2009 se comenzó con la construcción de los nuevos espigones cuya fecha estimada de inauguración era para 2013 , fechas que se cumplieron sin mayores contratiempos .

[12] En Diciembre 2012 se habilitó la nueva terminal B inaugurada oficialmente en Marzo de 2013 . Tras 17 meses de obra, se duplicó así la capacidad operativa del aeropuerto. El sector cuenta con 42.300 m² de plataforma, cinco mangas de embarque, 28.795 m² cubiertos en la terminal, 720 m² para servicios comerciales y gastronómicos, 20 puestos de check-in y 34 de migraciones y 376 posiciones adicionales de estacionamiento. Además se agregaron 5.391 m² de pre embarque internacional, 2.290m² en el hall de arribos y 200 m² más para salas VIP.

Con una inversión de 570 millones de pesos, Aeropuertos Argentina 2000 inauguró la Terminal B del Aeropuerto de Ezeiza, una de las obras de infraestructura más importantes de la región.

[13] La nueva terminal posee una superficie de 21.000 metros cuadrados y agrega al aeropuerto 8 mangas de embarque, 2500 estacionamientos, cintas de equipaje propias, posiciones de rayos X, 12 puestos de migraciones, más de 600 asientos en el área de pre embarque, al que se agregó un nuevo puente sobre la autopista Ricchieri con acceso exclusivo a la terminal de cargas y acceso de personal de aeropuerto . Además se construyó un Centro de Emergencias aproximadamente donde estaba la antigua Estación Meteorológica donde los sistemas de

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

extinción de incendios que actualmente han homologado hace muy poco a SEI (Salvamento y Extinción de Incendios) Categoría 10 la máxima categoría de un aeropuerto para aeronaves de gran envergadura .

La construcción de esta nueva terminal de pasajeros forma parte de un proyecto más amplio para dotar al aeropuerto de mayor seguridad, infraestructura, servicios y tecnología. Cuando el proyecto esté concluido, Ezeiza tendrá capacidad para atender 13 millones de pasajeros y realizar 90 000 operaciones por año.

ESTADISTICAS Y DATOS RELEVANTES

Lamentablemente no existen estadísticas de pasajeros internacionales de larga data del Aeropuerto Ezeiza , pero si por ejemplo tenemos un dato importante de la actividad aeronáutica medida en cantidad de pasajeros transportados en Argentina por Líneas Aéreas nacionales por ejemplo en el Periodo 1944-1947 que nos darán una idea de cómo fue evolucionando el transporte aéreo en nuestro país , precediendo a la construcción del Aeropuerto Ezeiza .

Año 1944	cantidad de pasajeros	21.194
Año 1945	cantidad de pasajeros	25.108
Año 1946	cantidad de pasajeros	30.435
Año 1947	cantidad de pasajeros	109.810

Donde podemos segregar un detalle de las Líneas Aéreas Argentinas en el año 1947 con las siguientes cifras :

LADE	4.556 pasajeros	9.274 kilos (carga y equipaje)
AEROPOSTA	15.095 pasajeros	80.719 kilos (carga y equipaje)
ALFA	43.189 pasajeros	24.539 kilos (carga y equipaje)
ZONDA	37.475 pasajeros	91.980 kilos (carga y equipaje)
FAMA	9.495 pasajeros	270.687 kilos (carga y equipaje)

Si observamos la estadística por año veremos un salto importante del año 1946 al año 1947 donde la industria y la actividad aeronáutica en el país comenzaba a florecer , acompañando ese crecimiento la necesidad de construcción de un nuevo Aeropuerto que se estaba concretando con la construcción de Ezeiza desde el año 1945 .

[2] Tenemos también un dato significativo con respecto a la carga y equipaje transportado que nos denota cambios o modificaciones en los números, pudiendo apreciar la gran diferencia de carga y equipaje transportada por la empresa FAMA (Flota Aérea Mercante Argentina)

Esta Aerolínea Nacional (FAMA) en junio de 1946 concreta el logro de expansión aeronáutica Argentina dando lugar a los primeros pasos en las rutas mundiales con una línea de bandera .

El trabajo o los primeros pasos los dio LADE y los continuo FAMA , la meta de operar rutas internacionales traía nuevos desafíos como negociar rutas , establecer servicios de escala , organizar agencias , implantar representaciones , coordinar sistemas de operaciones , ajustándolos a las modalidades en uno de los países sobrevolados y a los convenios internacionales , armonizar directivas y sobre todo instruir al personal aeronavegante y terrestre sobre el cual recae la responsabilidad de asegurar la regularidad y seguridad de los servicios .

Su programación inicial de vuelos era : 1 vuelo semanal a N.York , Londres , París , Madrid , Roma y 5 vuelos semanales a Rio de Janeiro y Santiago de Chile .

Luego sus proyectos de rutas para el año 1948 se expandieron por toda América divididas en Atlántico y Pacífico y los cruces a Europa vía Dakar .

Cabe destacar también que un año después de la inauguración del Aeropuerto de Ezeiza, en 1950 se instaló una nueva política aerocomercial nacional basada en la nacionalización de las

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

empresas aerocomerciales y se creó Aerolíneas Argentinas, producto de la fusión de ALFA, Aeroposta, FAMA y ZONDA. Esta nueva empresa se conformaría como la única línea aérea de bandera, aunque no era la única compañía aérea estatal, ya que la empresa LADE continuó con sus operaciones de fomento.

Las Sociedades Mixtas: Aeroposta Argentina, A.L.F.A., FAMA y Z.O.N.D.A., pasaron a formar parte del patrimonio del Estado, mediante el Decreto No 10459 sancionado por el Poder Ejecutivo, comenzando a operar el 14 de mayo de 1949, aunque no fue sino hasta el 7 de diciembre de 1950 en que es oficialmente creada como Aerolíneas Argentinas Empresa del Estado, por intermedio del Ministerio de Transporte argentino.

La reciprocidad de Líneas Aéreas Internacionales que antes de operar en Ezeiza operaron en el Aeropuerto Bernardino Rivadavia en Morón y el Hidropuerto del Puerto de Buenos Aires fueron 8, Los Hidros de la Cia Aeronáutica Uruguaya S.A, Pan American World Airways, Air France, Iberia, British South American Airways, Cruzeiro do Sul, Línea Aérea Nacional de Chile y S.A.S reunión de alas Suecas, Noruegas y Danesas en las rutas del Sur.

Otro tema relevante a tener en cuenta con respecto a las facilidades del Aeropuerto Ezeiza es la atención del pasajero ante y post vuelo en el área de control Migratorio.

Respecto de los Puestos de Trabajo para el control migratorio la operatividad no radica en la cantidad de puestos, sino en la distribución y la cantidad de personal afectado.

Antiguamente teníamos 3 Halles de arribos, ahora tenemos uno solo de con todo el personal concentrado, esto determina la eficiencia del proceso.

No obstante el cambio más significativo es que se ha duplicado la cantidad de Inspectores y Supervisores, de manera que ahora todos los puestos están cubiertos las durante las 24 horas.

Antiguamente se contaban con 84 puestos de trabajo (bancos de trabajo) donde solo era cubierto aproximadamente el 50% de los mismos con personal, en la actualidad se ocupan con personal 72 puestos todo el día.

Al aumento de la cantidad de Inspectores se le debe agregar la incorporación de la Tecnología Biométrica y La Certificación de firma digital de los Inspectores, estos adelantos permitieron eliminar la Tarjeta de Entrada y Salida y acelerar los tiempos de control en alrededor de 30 segundos por pasajero. También para eliminar la tarjeta de Entrada / Salida y el consiguiente tiempo de llenado y verificación de los datos se Certificaron las firmas Digitales de todo el personal de Inspectores para que los datos cargados en el sistema tuvieran el valor legal de estar consignados por el empleado. Además la firma del pasajero que iba inserta en la misma se reemplazo por la toma de la huella digital, utilizándose también esta para la verificación de la identidad.

Con respecto a las salidas también han mejorado los tiempos del proceso, por algunos factores como que los pasajeros se están convocando al pre-embarque con mayor antelación, se han realizado mediciones y se ha detectado que con 50 minutos de antelación a la salida del vuelo sobre todo aquellos que tienen inspección de equipajes de mano.

En relación al personal debemos destacar que 29.000 personas trabajan en los aeropuertos argentinos. Es la misma cantidad de gente que vive en el Principado de Mónaco. Son todos los habitantes de San Martín de los Andes, de El Bolsón, de la cordobesa Jesús María.

El Aeropuerto Internacional de Ezeiza concentra la mayor cantidad de personal de todo el Sistema Nacional de Aeropuertos (SNA) y de acuerdo a las normas estadísticas tendría rango de verdadera ciudad, ya que supera los 14.000 habitantes.

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

Contabiliza 14.170 trabajadores, durante las 24 horas, los 365 días del año. Este plantel se distribuye en 857 compañías que prestan servicios en la terminal aérea

LOS GRANDES CONCEPTOS DEL CAMBIO

En los siguientes gráficos veremos algunos marcadores en cuanto a cantidad de pasajeros y superficies de Aeroestación en metros cuadrados a través de los años y algunos eventos significativos.

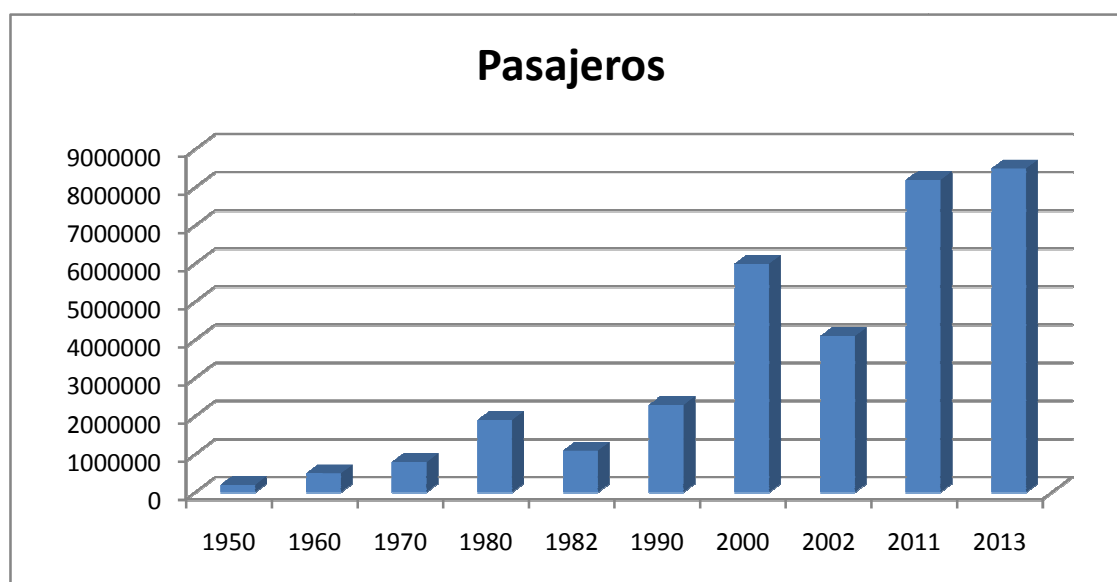


Figura 1 . Relación entre pasajeros transportados y años de operación con algunas fechas significativas.

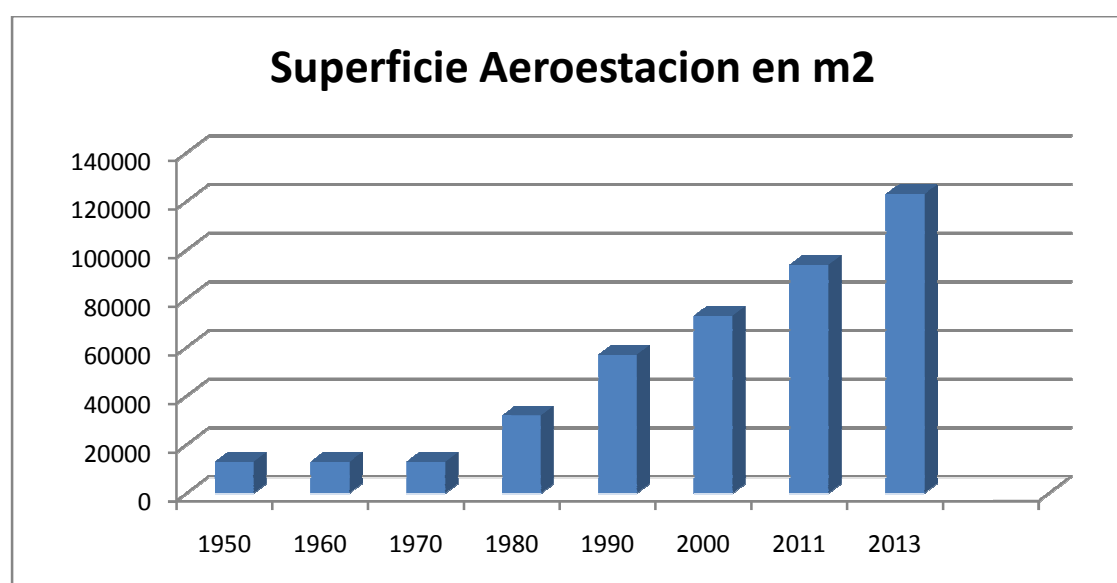


Figura 2 . Relación metros cuadrados de superficie de aerostación desde la inauguración de Ezeiza .

En la Figura 1 veremos que los inicios de las operaciones en Ezeiza fueron moderadas de acuerdo a un Aeropuerto nuevo , duplicando y triplicando en las primeras décadas , notando un aumento significativo al comienzo de la década del 80 , con una baja importante después de la

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

guerra de Malvinas (año 1982) con una merma de Líneas Aéreas por las restricciones impuestas por el Mercado Común Europeo y quiebra de algunas otras. Sosteniendo un aumento importante en las otras dos décadas posteriores, bajando casi dos millones de pasajeros luego del episodio de las Torres Gemelas en Estados Unidos y nuestra crisis económica (año 2002). Durante los últimos años vemos que el desarrollo fue incrementando la cantidad de pasajeros influyendo el aumento de algunas frecuencias, unificación de empresas y aumento en el tamaño de las aeronaves.

En la Figura 2 notamos que durante las primeras décadas hasta la remodelación del año 1978 que se continuo con algunas obras en la década siguiente comenzó un pequeño desarrollo hasta el año 2001 con la inauguración de la Terminal A y los años 2011 y 2013 las otras nuevas Terminales B y C respectivamente que incrementaron todo tipo de prestaciones en lado aire y lado tierra.

CONCLUSIONES

Puede resultar muy conveniente, para el desarrollo del transporte aéreo, que a la infraestructura se le preste una mayor atención, considerando que los aeropuertos constituyen una parte vital del sistema del transporte aéreo, en el cual la economía de tiempo y de esfuerzos, así como de erogaciones, es fundamental, debiendo colaborar las empresas de aeronavegación con las autoridades del aeropuerto, principalmente en los procedimientos tendientes a la atención y encaminamiento de pasajeros, equipaje y cargas en vistas de una mayor simplificación de procedimientos y mejor aplicación de las normas sobre facilitación aeroportuaria responsabilidad de la autoridad de aplicación correspondiente.

De la búsqueda y aplicación de eficaces principios en materia de procedimientos, política e infraestructura aeroportuaria dependerá en gran parte el desarrollo aéreo en las condiciones de eficacia y seguridad que todos deseamos.

Analizar los factores funcionales que intervienen en la creación de nuevas instalaciones y de la modernización de las existentes, realizando una conjunción con las actuales. Debe tenerse en presente que la aviación es una ciencia dinámica que requiere gran elasticidad de concepción para dar soluciones fluidas al problema de las facilidades aeroportuarias, por ello debemos ser capaces de efectuar modificaciones prontas y razonables, como se ha hecho hasta ahora, para alcanzar un régimen lo mas estabilizado posible. Tanto las pistas como los edificios deben tener clara concepción de la relación entre la aeronave y sus facilidades para poder diseñar instalaciones eficientes y duraderas.

En la actualidad en Ezeiza conviven tres estructuras de distintas épocas. Los viejos edificios donde uno de ellos la llamada Aeroestación Principal que aun aloja a la vieja Torre de Control de Aeródromo que aun está ahí en funciones, también en ese edificio están las oficinas de la Regional Central, adecuadas, modernizadas pero muchas de ellas aun guardan el antiguo diseño de la vieja estructura de fines de los años 40, otro Edificio recuperado es el del CIPE y de la Policía de Seguridad Aeroportuaria y el tercero el viejo Hotel Internacional recuperado y modernizado totalmente por el concesionario AA2000. La otra estructura que aun convive en Ezeiza es la remodelada en el año 1978 y las ultimas el espigón A del año 2001 y los C y B inaugurados en estos últimos años. Estas tres estructuras actualmente interactúan entre si en los distintos procesos aeroportuarios.

Por lo antedicho podemos resaltar que el proyecto de Ezeiza requiere una continuidad dinámica para que el producto aeronáutico que presta este adaptado al continuo proceso de cambio.

Establecido la importancia de proyectar todo edificio de cada aeropuerto con vistas a su posible expansión, esta forma edilicia nos facilitara la posibilidad de la unión de los Edificios, como ha ocurrido en Ezeiza.

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

La relación financiera también es importante, dado que en muchos casos gran parte del público de aeropuertos son visitantes o acompañantes. Los concesionarios deben separar esta corriente secundaria que no consume pasaje y salas de embarque pero puede ser una buena fuente de ingresos para el concesionario según sea la infraestructura y locales donde ellos puedan consumir.

Como respuesta al aumento al flujo de pasajeros y aeronaves el Plan Director deberá establecer con anticipación el volumen y tráfico aéreo y terrestre para una futura propuesta de ampliación que como se ha realizado en Ezeiza el promedio ha sido de un promedio de 25 años cada remodelación mayor que se ha afrontado.

Ese Plan maestro general que fue presentado en la primera remodelación en el año 1978 contempla la construcción de pistas paralelas, nuevo concepto de trabajo para ordenamiento del tránsito aéreo de concepción más moderna, que las de las pistas cruzadas del primer proyecto Pistarini. Actualmente se continúa con esa idea de pistas paralelas pero debe ser uno de los pocos proyectos inconclusos que aun no se corporizan en la adecuación de Ezeiza.

El proyecto de Pistarini fue muy discutido y criticado, pues se lo había considerado sobredimensionado para las necesidades del país, sin embargo la forma en que admitió las modificaciones planteadas en las ampliaciones, la incorporación de nuevas tecnologías de Aeronavegación a partir de la década del setenta demostraron en gran medida el acierto del proyecto original.

[5] Como anécdota podemos citar que cuando luego de las primeras dos décadas y antes de la remodelación del año 1978 se encargó un trabajo de estudio de factibilidades de remodelación de Ezeiza, solicitando la colaboración de la Sociedad Aeropuerto de París y dentro del cual han tenido especial intervención el Arquitecto Henri Vicariot y el Ingeniero Jacques Block, bajo cuya dirección se construyó Orly en Francia. El requerimiento era, entre otros, reconstruir o remodelar Ezeiza en un proyecto que sucesivamente pueda ser ampliado para cubrir las futuras necesidades.

[5] Llegó el anteproyecto de París, aquí en Argentina muchos pensaban que habría de usarse la topadora, pero este anteproyecto en sus distintas alternativas, apenas modifica las actuales construcciones para poder adaptarle sistemas más modernos, ahora disponibles especialmente para el tratamiento de pasajeros y manejo de equipajes. Pero lo que ya tiene carácter de sorprendente es que la concepción original del Aeropuerto podía ir creciendo sucesivamente sobre la base del proyecto primitivo. Pero eso no es todo, bajo la firma del arquitecto Vicariot inicia el informe afirmando que el proyecto original de Ezeiza ha estado 20 años adelantado a los mejores de su época.

Si este emprendimiento Aeronáutico que fue diseñado ayer, con todos los valores y conocimientos ecológicos, técnicos, edificios y de obra pública de la época despierta admiración aun a quienes hoy lo adaptan a los requerimientos del Transporte Aerocomercial de nuestros días, podemos estimar que esta obra perduró en el tiempo.

Dice un aforismo que "conocer el pasado e imaginar el futuro, es fundamental para afrontar el presente".

BIBLIOGRAFIA

[1] M.O.P Ministerio de Obras Públicas. “Futuro Centro de la Aeronavegación Austral” Aeropuerto Nacional de la Ciudad de Buenos Aires. Argentina. Año 1948.

Gustavo Roberto D'Antiochia – Desarrollo y Planificación del Aeropuerto Ezeiza “Ministro Pistarini” desde su creación en relación al tráfico aerocomercial

[2] Secretaria de Aeronautica “ La Aeronautica Nacional al Servicio del Pais “ Argentina , Año 1948 .

[3] Charles Froesch- Walter Prokosch “Proyectos de Aeropuertos” *Editorial Reverte*. Barcelona .España . Año 1950 .

[4] R.Dixon Speas . “Aspectos Tecnicos de la Organizacion del Transporte Aereo” . Coleccion Aeronautica Argentina . Volumen 45 . Argentina . Año 1956 .

[5] Jorge Nisivoccia “ Ahora resulta que Ezeiza” , *Revista Aeroespacio* . Argentina . Nro 313 . Agosto 1966 . p7 .

[6] Informe sobre Aeropuertos Argentinos “ Aeropuerto Ezeiza “ *Airways Eng. Corporation of America* . Washigton DC. USA . Año 1973 .

[7] Folleto “Nuevo Aeropuerto Ezeiza” . Comando de Regiones Aéreas . Argentina .Año 1978

[8] Gustavo Roberto D'Antiochia .. “ El Incremento del Trafico Aereo en relacion con los actuales servicios aeroportuarios prestados en el aeropuerto Ezeiza . *Monografia Trabajo Final UADE* Argentina . Marzo 1992 .

[9] Pablo Luciano Potenze “ Los primeros Aeropuertos de Buenos Aires “ *Todo es Historia* Nro 352. Argentina . Noviembre 1996 .

[10] Ing. Arnoldo Bolognesi “El Aeropuerto Ezeiza Ministro Pistarini de la ciudad de Buenos Aires” *Revista del centro Argentino de Ingenieros* . Argentina . Octubre 2001 .

[11] Gerencia de RRII de Aerolineas Argentinas “ El Cielo es el Limite” *Editorial El Ateneo* . Argentina . Año 2003 .

[12] AA2000 . “ Como funciona Ezeiza “ *Revista 33 A News* . Argentina . Nro 15 . May- Jun 2009 .

[13] AA2000 . “ Proyecto Ezeiza “ *Revista 33 A News* . Argentina . Nro 18 . Nov-Dic- 2009 .

[14] Pablo Luciano Potenze “ Noticias e Historia de la Aviación Argentina” *Revista LV*. Nro 31 Argentina . Setiembre 2010.

CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN SISTEMAS AEROPORTUARIOS Y SU IMPACTO EN LA PLANIFICACIÓN DE USOS DEL SUELO

Juan Ignacio D'Iorio^a, Matías Chapela^a, Alejandro Puebla^a y Alejandro Di Bernardi^a

^aGrupo de Transporte Aéreo (GTA), Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata
Calle 116 s/n e 47 y 48, (1900) La Plata, Argentina
Email: juanignacio.diorio@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos del análisis de ruido derivado de las operaciones llevadas a cabo en un aeropuerto testigo y la afectación a la población en su entorno.

El estudio efectuado se encuentra encolumnado con los objetivos del comité de protección ambiental aeronáutica (CAEP) conformado por la Organización de aviación civil internacional (OACI), particularmente con los del Grupo de Trabajo 1 (WG1) que se centra en cuestiones técnicas del ruido de las aeronaves. También se consideran las iniciativas propuestas por las principales entidades y autoridades aeronáuticas sobre el desarrollo de aeropuertos ecológicamente sustentables (denominados como "Green Airports").

Los análisis fueron realizados mediante software específico (INM). Se plantearon distintos escenarios operacionales de un aeropuerto, para luego proceder a su simulación. De esta manera, se obtienen las curvas de ruido, permitiendo analizar su aporte dentro del predio aeroportuario y su entorno.

Posteriormente se contrastan dichos resultados con los radios censales del entorno que circunda al aeropuerto para poder conocer las zonas más afectadas por las operaciones aeroportuarias, y la cantidad de población que se ve perjudicada por las mismas, según indicadores operacionales específicos.

ABSTRACT

Noise analysis in an existing airport has been made in order to quantify affected population in its surroundings.

This work is in accordance with the objectives of the Committee of Aviation Environmental Protection (CAEP) created by the International Civil Aviation Organization (ICAO), particularly the Working Group 1 (WG1) which focuses on noise issues. It also considers the initiatives proposed by the main entities and aviation authorities on environmentally sustainable airport development (referred to as "Green Airports").

These analyzes were made using specific computer software. Different operational scenarios were analyzed and simulated. Using this method maps and quantification of noise was obtained.

These results were contrasted with census radios of the surroundings of the airport, in order to know affected population and areas.

Palabras clave: aeropuerto, ruido, población, planificación.

D'Iorio, Chapela, Puebla y Di Bernardi – Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo

INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica derivada de la operación de aeronaves es una temática de particular interés, sobre todo en aquellos aeropuertos que se encuentran en entornos urbanos complejos. Si bien se han realizado esfuerzos sistemáticos por parte de la industria aeronáutica para reducir los valores de ruido generado, es de suma utilidad disponer de análisis de los entornos aeroportuarios para detectar zonas de afectación, proponer soluciones e implementarlas.

Existen diferentes formas de afrontar la problemática del ruido de las aeronaves: desde la fuente, mediante el manejo y la planificación de los usos del suelo, mediante procedimientos operacionales, y restricciones operativas.

Desde prácticamente los inicios de la actividad comercial, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha tratado la reducción del ruido desde el punto de vista de las fuentes que lo generan. En ese sentido, las aeronaves que pretenden ser certificadas deben cumplir con los requisitos establecidos en el Anexo 16 – Protección del Medio Ambiente, Volumen I – Ruido de las Aeronaves [4], siempre que el Estado fabricante sea miembro. También existen requerimientos por parte de los organismos reguladores de la aviación civil de cada Estado. A través del tiempo, los niveles de ruido admitidos para la certificación han sido cada vez más restrictivos. OACI, a través del CAEP (Comitee on Aviation Environmental Protection), se encuentra en constante proceso de revisión de los requerimientos y métricas para la certificación de las nuevas aeronaves.

La planificación de los usos del suelo es una forma efectiva de asegurar que la actividad aérea será compatible con el entorno. El principal objetivo de la misma es evitar la afectación sobre la población, sobre todo a zonas extremadamente sensibles (escuelas, hospitales, etc.). También sirve como complemento de las mejoras obtenidas en la reducción del ruido desde la fuente, ya que el mismo no puede evitarse por completo, y sin una planificación adecuada, es decir permitiendo el crecimiento urbano en los entornos aeroportuarios, siempre habrá afectación directa a la población.

Adicionalmente, pueden realizarse procedimientos operacionales específicos con el fin de reducir el ruido derivado de las operaciones. Existen varios métodos que pueden ser utilizados, y a grandes rasgos pueden dividirse en: selección de rutas y pistas preferentes, procedimientos para el aterrizaje, aproximación y aterrizaje. El diseño de los mismos dependerá principalmente de la disposición física del aeropuerto y su entorno, así como también de la gestión del espacio aéreo, ayudas a la navegación, entre otros considerandos.

El último, y más drástico, método para el tratamiento del ruido es la restricción operativa, es decir, la prohibición de la operación de ciertas aeronaves. La aplicación de este método puede tener consecuencias económicas y políticas considerables, ya que implica una modificación de flota. De cualquier manera, las restricciones operativas son debatidas en el ámbito de la OACI entre los Estados miembros para llegar a un acuerdo.

Conociendo que las proyecciones indican que la actividad aeroportuaria se incrementará significativamente en los próximos años (de 2,4 mil millones en 2010 a 16 mil millones en 2050), es importante estudiar la problemática y buscar reducir los impactos que la actividad genera.

El objetivo de este trabajo es analizar, en un aeropuerto testigo, como es afectada la población por el ruido generado de las operaciones en el mismo.

METODOLOGÍA

En primer lugar se seleccionó el aeropuerto de estudio; en este caso fue el Aeroparque “Jorge Newbery”, ubicado en la ciudad de Buenos Aires, por ser el aeropuerto con mayor cantidad de operaciones anuales y por su emplazamiento en una zona urbana.

D'Iorio, Chapela, Puebla y Di Bernardi – Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo



Figura 1. Vista esquemática y general del aeropuerto.

- Estrategia de uso de pistas y escenarios operativos.

Si bien los escenarios son diversos en función de la estrategia operativa de las pistas, de las condiciones meteorológicas y el uso del espacio aéreo, se asumieron como hipótesis dos escenarios: todas las operaciones por la pista 13 en un caso, y todas por la pista 31 en el otro. En ambos casos, la aproximación se asume como un tramo recto (en planta) de 10 millas náuticas, medido hasta que la aeronave toca la pista, y el ascenso de igual forma, midiéndose desde que la aeronave rota.

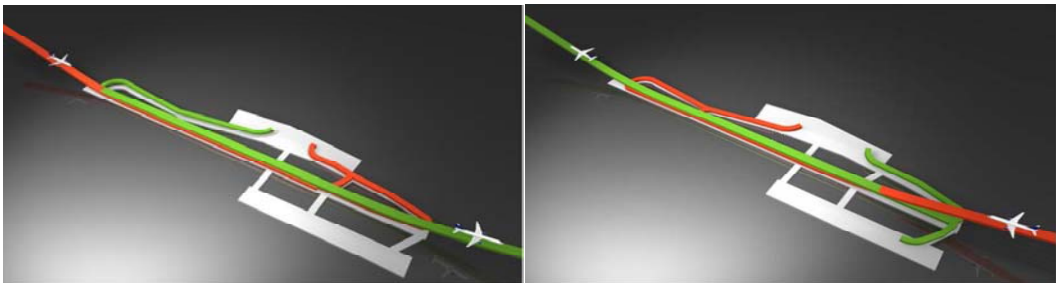


Figura 2. Escenarios de aterrizajes y despegues (Pista 13 y 31 respectivamente).

- Flotas y plantas de poder.

La flota utilizada para el análisis se corresponde con la actualizada al mes de mayo de 2013, con una distribución tipo diaria. Cabe aclarar que no se tuvieron en cuenta aeronaves de aviación general para este trabajo. A continuación se presenta una tabla con la mezcla de aeronaves, la motorización considerada y los valores de arribos y partidas, discretizados en función de la banda horaria.

Tabla 1. Mezcla de tráfico analizada.

Aeronave	Motorización	Arribos			Partidas		
		Día	Tarde	Noche	Día	Tarde	Noche
A320-200	IAE V2527-A5	20	7	5	23	7	5
ATR 72	PW 119C	1	0	0	1	0	0
B737-500	CFM56-7B-24	18	4	9	18	7	4
B737-700/800	CFM56-7B-26	3	1	0	3	0	1

D'Iorio, Chapela, Puebla y Di Bernardi – Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo

Aeronave	Motorización	Arribos			Partidas		
		Día	Tarde	Noche	Día	Tarde	Noche
CRJ900	CF34-8C5	8	4	0	8	4	0
E190	IAE V2522-A5	31	10	8	39	4	4
MD82/83/87	JT8D-219	0	1	0	0	1	0
S340	CT7-9B	0	1	1	1	0	0
Totales		81	28	23	93	23	14
		TOTAL ARRIBOS			TOTAL PARTIDAS		
		132			130		

- Software de referencia – Proceso de calculo

Las huellas de ruido fueron obtenidas mediante el uso del Integrated Noise Model 7.0d, utilizando la métrica especificada por la Federal Aviation Administration en su regulación, FAR Parte 150 (Airport Noise Compatibility Planning). Esta métrica es la DNL (o Ldn): nivel de ruido promedio día-noche anual. La regulación citada indica que para la certificación de un aeropuerto es requerida una huella anual promedio; para evitar realizar 365 casos y promediarlos, el software mencionado utiliza el concepto de “día promedio anual”, que representa un día tipo con respecto al ruido; este método está avalado dentro de la misma normativa (150 Sec. A150.103 (b)).

La métrica mencionada fue desarrollada para obtener valores de medición de exposición al ruido de la población a largo plazo. Se realiza una integración del ruido acumulado durante todo el día, dividiendo el mismo en tres periodos: día (07:00 a 19:00), tarde (19:00 a 22:00) y noche (22:00 a 07:00), y aplicando una corrección de 10 dB a aquellas operaciones realizadas en este último período. Esta adición se realiza debido a que la población es más sensible en esa banda horaria por causa de la disminución del ruido ambiental.

Utilizando entonces los datos de tráfico de la Tabla 1, se obtuvieron las curvas de nivel de ruido acumulado, discretizadas cada 5 dB.

- Hipotesis de trabajo

Las siguientes hipótesis de trabajo fueron adoptadas para las simulaciones:

- Utilización de la métrica de ruido DNL.
- Utilización de los valores de temperatura y presión de atmósfera estándar, es decir 15 °C y 1 atm (1013,2 hPa).
- Viento de proa de 8 nudos. Este valor es estándar para el cálculo de los coeficientes utilizados por el algoritmo del software.
- No se contemplaron las operaciones de aviación general o vuelos de tipo no regular.
- Estimación de la población afectada

A continuación se detalla el proceso para el cálculo de la población afectada, teniendo en cuenta los siguientes pasos lógicos:

- **Huellas de ruido:** como primer paso se obtuvieron las huellas de ruido.
- **Radios censales:** Para la estimación de la población afectada se utilizaron los radios censales obtenidos del año 2001, ya que fue el dato más reciente disponible al momento del desarrollo de este documento. Estos radios varían con cada censo en función del crecimiento de la población; por este motivo, dependiendo de la ciudad a la que

D'Iorio, Chapela, Puebla y Di Bernardi – Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo

pertenecen, se van modificando, o sea, no son de tamaño homogéneo, ya que el dato de importancia es la cantidad de viviendas que se encuentran dentro y no el área que comprenden los mismos. Al disponerse del crecimiento poblacional por partido del censo 2010, se realizó un ajuste de los radios censales, adoptando como hipótesis un crecimiento homogéneo en cada uno de ellos.

- **Radios censales y curvas de ruido:** se seleccionaron los radios censales afectados por las curvas de ruido en el entorno aeroportuario.
- **Tipo de ejido según uso:** se clasificaron los radios censales en función de su uso: urbano, rural y mixto.
- **Concentración de la población:** en los casos de radios censales mixtos, se identificaron los sectores con concentración de población para designar subsectores.
- **Radios equivalentes:** como resultado se obtuvieron los radios afectados por las curvas de ruido, identificando dentro de los mismos los focos de población.
- **Densidad de los radios censales afectados:** dentro de los radios se identifican diferentes densidades de población. Para definir los intervalos se utilizó el método “*natural breaks*”, que identifica los puntos de corte entre clases mediante el algoritmo de optimización de Jenks. Este consiste en la minimización de la suma de la varianza intraclase para obtener la máxima homogeneización (mínima dispersión) dentro de cada intervalo y la máxima dispersión entre los mismos. Los límites entre clases se establecen donde hay un salto relativamente importante entre valores. El algoritmo procede comparando iterativamente las sumas de las diferencias al cuadrado entre valores observados dentro de cada clase y las medias de las mismas. La mejor clasificación se considera cuando se encuentran aquellos umbrales que minimizan la suma intraclase de diferencias al cuadrado.
- **Cantidad de población afectada:** finalmente se obtienen los valores de población afectada para los diferentes niveles de ruido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan las huellas de ruido obtenidas para los dos escenarios operativos seleccionados:

D'Iorio, Chapela, Puebla y Di Bernardi – Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo

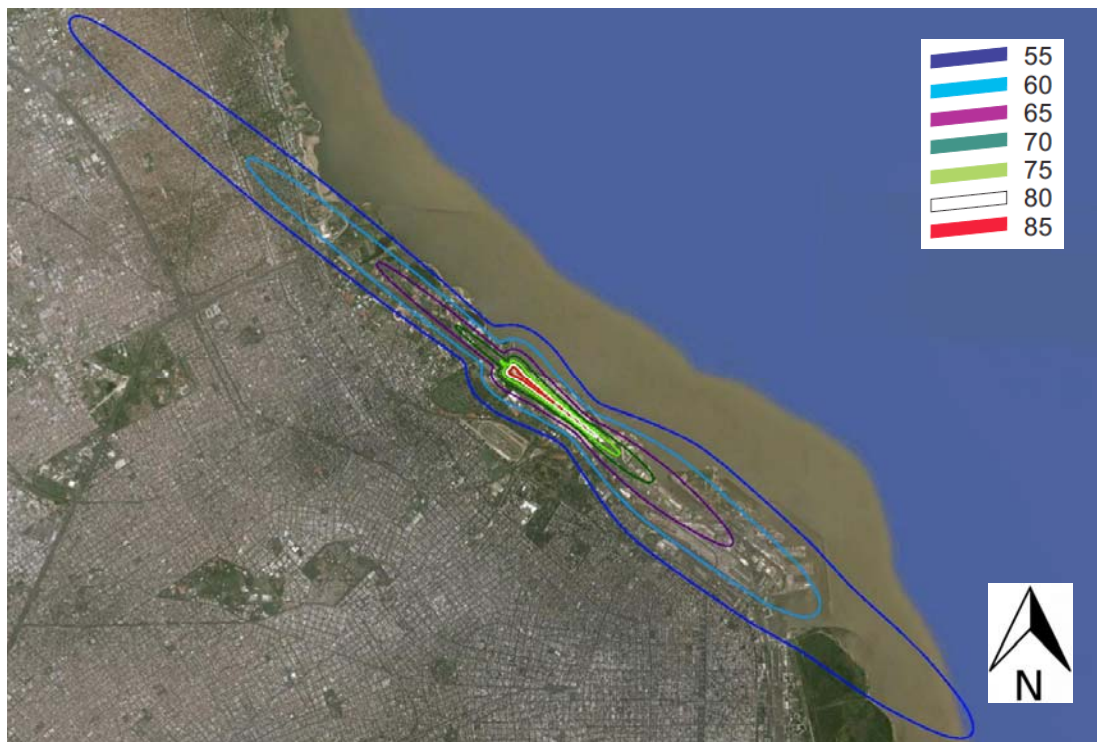


Figura 3. Huellas de ruido derivadas de las operaciones por pista 13 (dB).

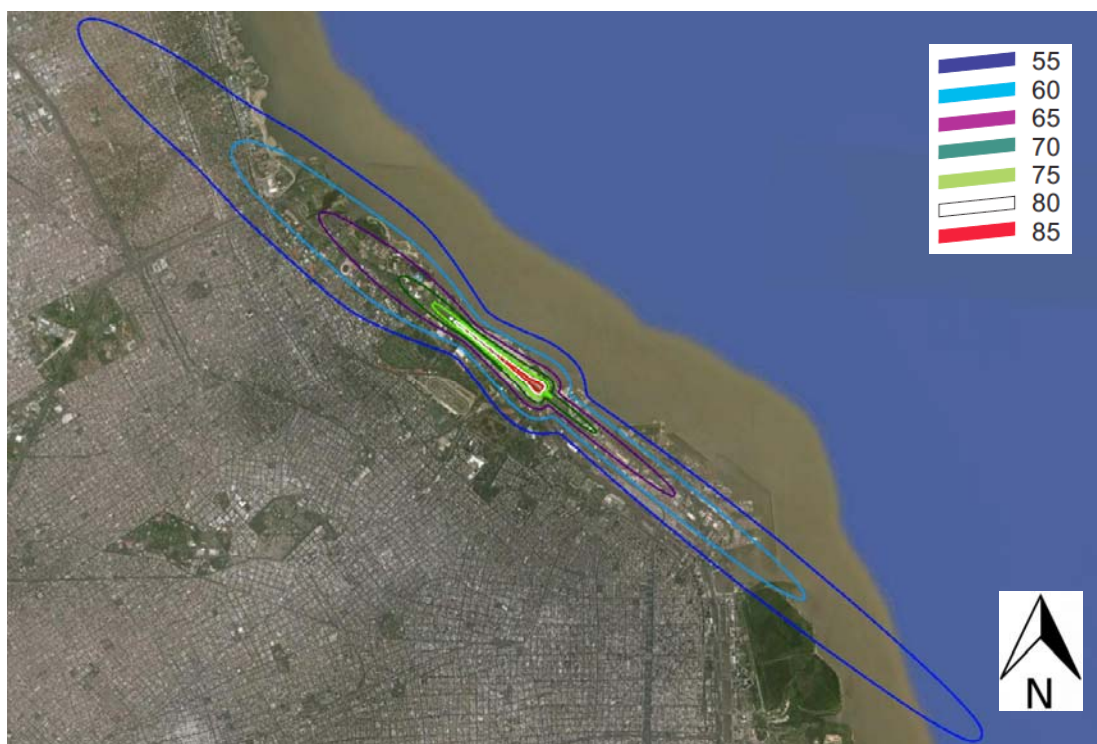


Figura 4. Huellas de ruido derivadas de las operaciones por pista 31 (dB).

Incluyendo los radios censales, según la metodología planteada anteriormente, pueden observarse las zonas de población afectada:

D'Iorio, Chapela, Puebla y Di Bernardi – Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo

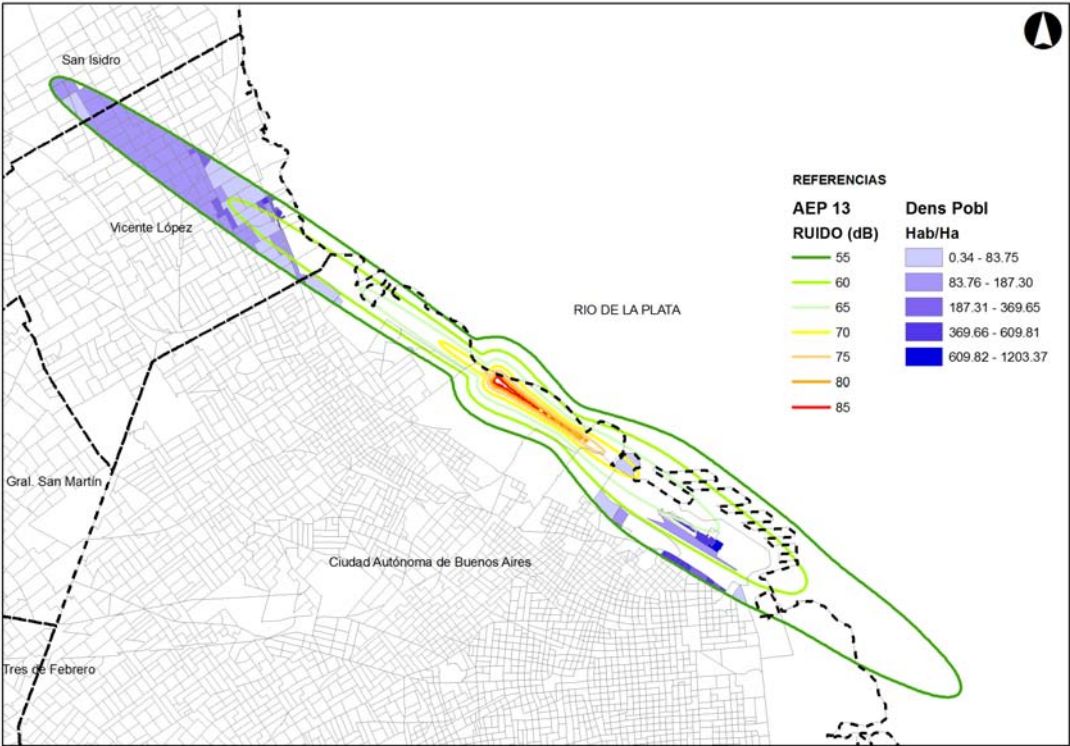


Figura 5. Población afectada por el ruido, pista 13.

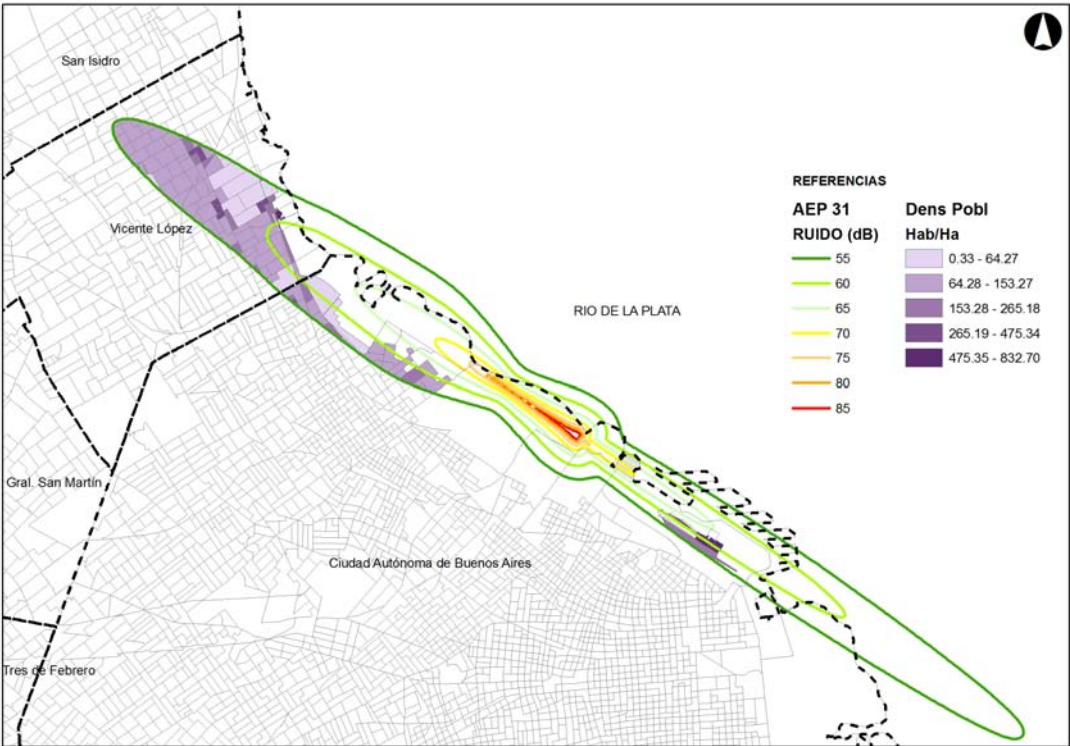


Figura 6. Población afectada por el ruido, pista 31.

D'Iorio, Chapela, Puebla y Di Bernardi – Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo

Tabla 2. Población afectada, pista 13.

POBLACIÓN AFECTADA POR EL RUIDO, OPERACIONES POR PISTA 13			
Ruido (dB)	Partido	Población afectada	Área afectada (m²)
55	Ciudad de Buenos Aires	9.650	682.560
	San Isidro	5.230	608.400
	Vicente Lopez	43.460	3.956.640
	Subtotal	58.340	5.247.600
60	Ciudad de Buenos Aires	12.700	376.460
	Vicente Lopez	4.600	517.440
	Subtotal	17.300	893.900
65	Ciudad de Buenos Aires	440	72.400
	Subtotal	440	72.400
70	Ciudad de Buenos Aires	-	97.680
	Subtotal	-	97.680
TOTAL		76.080	6.311.580

Tabla 3. Población afectada, pista 31.

POBLACIÓN AFECTADA POR EL RUIDO, OPERACIONES POR PISTA 31			
Ruido (dB)	Partido	Población afectada	Área afectada (m²)
55	Ciudad de Buenos Aires	19.400	1.474.875
	Vicente Lopez	51.250	4.970.300
	Subtotal	70.650	6.445.175
60	Ciudad de Buenos Aires	6.550	474.550
	Vicente Lopez	3.000	282.300
	Subtotal	9.550	756.850
65	Ciudad de Buenos Aires	-	65.680
	Subtotal	-	65.680
70	Ciudad de Buenos Aires	-	40.870
	Subtotal	-	40.870
TOTAL		80.200	7.308.575

D'lorio, Chapela, Puebla y Di Bernardi – Contaminación acústica en sistemas aeroportuarios y su impacto en la planificación de usos del suelo

CONCLUSIONES

Se evidencia que la afectación es mayor en el caso de las operaciones realizadas por la pista 31, tanto en cantidad de superficie como de población. En todos los casos, los valores de afectación a la población son relativamente bajos, teniendo en cuenta la zona de emplazamiento del aeropuerto y su entorno inmediato.

Los análisis como el que se llevó a cabo en este trabajo son de primordial importancia para la gestión y manejo de los usos del suelo, además de la cuantificación de los niveles sonoros para verificar los la situación con respecto a los admitidos por la legislación pertinente.

Los resultados obtenidos mediante estudios similares deben ser contemplados e incluidos en las normativas correspondientes a los usos del suelo, en los códigos urbanos locales, junto con los análisis de contaminación gaseosa, para evitar el crecimiento sin control de las manchas urbanas y eventualmente su afectación por ambos tipos de contaminación. De todas formas, es indispensable tomar medidas tendientes a la reducción progresiva de las fuentes de ruido derivadas de la operación de aeronaves.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que este es un análisis aislado, es decir, simplemente por la operación de una flota asociada a un aeropuerto. Es recomendable incluir estudios similares de aporte de ruido por la actividad terrestre, comercial, industrial, etc. para poder de esa manera cuantificar porcentualmente el nivel de la actividad aeronáutica frente al nivel total de contaminación.

REFERENCIAS

- [1] Newman, J. S. y Beattie, K. R., “Aviation Noise Effects - FAA-EE-85-2”, Federal Aviation Administration, EUA, 1985.
- [2] Boecker, E. R. et al, “Integrated Noise Model Version 7.0 Technical Manual”, Department of Transportation, EUA, 2008.
- [3] Pearsons, K. S. y Bennett, R. L., “Handbook of Noise Ratings”, National Aeronautics and Space Administration, EUA, 1974.
- [4] “Protección del Medio Ambiente – Volumen I, Ruido de las Aeronaves”, Anexo 16 al Convenio de Aviación Civil Internacional, OACI, sexta edición, 2011.
- [5] “Noise Control and Compatibility Planning for Airports – AC 150/5020-1”, Federal Aviation Administration, EUA, 1983.
- [6] Quiroga Martínez, R., “Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe”, CEPAL, Naciones Unidas, Chile, 2009.
- [7] Gómez Jiménez, I. et al, “Sostenibilidad en la aviación en España – Informe 2010”, OBSA, SENASA, España, 2011.

UTAHUSA97

ROTAS CONTINENTAIS DE NAVEGAÇÃO DE ÁREA NO BRASIL

¹ Fernando Luiz Fantoni¹, Protógenes Pires Porto¹, Carlos Müller¹

¹ Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA
Pça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, CEP 12.228-900, São José dos Campos, SP,
Brasil
E-mail: muller@ita.br

RESUMO

As rotas continentais de navegação de área no Brasil, como parte integrante do programa PBN (Performance Based Navigation), entraram em fase de implantação a partir de 2009 e possibilitaram a criação de aerovias mais diretas, sem a necessidade de serem balizadas por recursos caros e obsoletos de rádio-navegação no solo. A implementação dessas rotas, especificadas como de navegação RNAV 5, está sendo possível devido a capacidade dos equipamentos de navegação embarcados nas aeronaves, que passaram a utilizar de maneira mais abrangente o sensor de navegação por satélite. O artigo apresenta um breve histórico do conceito CNS/ATM e do novo conceito PBN e de sua implantação no Brasil. Utilizando ferramenta de “fast time simulation” o benefício da implantação do conceito PBN para uma ligação doméstica é avaliado em 3,8% de redução no consumo de combustível.

ABSTRACT

Continental area navigation routes in Brazil, as part of the PBN (Performance Based Navigation) program, were initially introduced in 2009 and allowed the creation of more direct airways, without the need of the high cost and obsolete radio-navigation resources on ground. These routes were specified as RNAV 5, and their implementation is only being possible due the actual navigation capability onboard of the aircraft, which are nowadays using satellite based navigation sensors as its main navigation resource. The paper presents a brief overview of the CNS/ATM concept and of the new PBN concept and its installation in Brazil. Using a “fast time simulation” tool the benefit of the use of the PBN concept in a domestic route is evaluated at 3.8% reduction in fuel consumption.

Palavras chave: navegação aérea, rotas continentais, RNAV 5

1. INTRODUÇÃO

O espaço aéreo brasileiro vem sofrendo grandes modificações a fim de se adequar ao desenvolvimento do transporte aéreo. Este não é um comportamento local, mas uma tendência internacional, cujo objetivo é aumentar a capacidade do tráfego aéreo, mantendo altos níveis de segurança nas operações através de melhor disposição e organização das rotas aéreas. Porém nada disso seria possível sem a tecnologia embarcada nas aeronaves, a qual permite que as mesmas naveguem com maior precisão e confiabilidade. No Brasil, a implantação de rotas continentais de navegação de área, as chamadas rotas RNAV 5, teve seu início em 2009 com a publicação de legislação específica pelo Comando da Aeronáutica.

Este artigo visa discutir o processo de implementação das aerovias de navegação de área continentais no Brasil, abordando suas etapas, benefícios econômicos e requisitos a fim de apresentar ao leitor a importância delas ao futuro do fluxo de tráfego aéreo dentro de seu espaço aéreo e ao desenvolvimento do transporte aéreo no país. O uso de rotas RNAV proporciona economias tanto para os operadores, por utilizar aerovias mais diretas e assim diminuir a distância de voo, como para os

Estados participantes, pois cada vez menos dependerão de auxílios à navegação no solo para manter seu sistema de rotas aéreas ativo.

Este artigo inicia apresentando um breve histórico do CNS/ATM (*Communication, Navigation and Surveillance/Air Traffic Management*), a criação do conceito PBN e a implementação de parte desse conceito através da reconfiguração das rotas continentais no Brasil. Após, apresenta o conceito de rotas continentais e os tipos de aerovias existentes, descreve e compara as rotas convencionais e as rotas de navegação de área, e por fim utiliza a ferramenta “*fast time simulation*” TAAM para quantificar a economia gerada pelo PBN para uma determinada origem-destino. O artigo finaliza discorrendo sobre a necessidade de atualização da legislação atual que serve como referência às operações de voo.

2. HISTÓRICO

O conceito CNS/ATM (*Communication, Navigation and Surveillance/Air Traffic Management*) [11], foi desenvolvido pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) através de seu comitê direcionado ao estudo do futuro dos sistemas de navegação aérea, *Future Air Navigation Systems (FANS) Comitee*, ainda na década de 90. Ele engloba tecnologias digitais, incluindo sistemas de satélites com vários níveis de automação, que possibilita uma evolução no processo de navegação aérea a fim de absorver o aumento do tráfego aéreo no médio e longo prazo através da melhor utilização do espaço aéreo sem assim diminuir os níveis de segurança.

Uma das evoluções do CNS/ATM, quando se tratando de performance lateral de navegação, é o chamado PBN (*Performance Based Navigation* ou Navegação Baseada em Performance). O PBN visa aproveitar a capacidade de precisão da navegação lateral dos equipamentos embarcados nas aeronaves para aumentar a utilização do espaço aéreo através da diminuição na separação horizontal entre as mesmas. Este programa foi oficialmente apresentado pela OACI [12] na década passada e visa apresentar as experiências vividas pelos Estados que já utilizam a navegação de área (RNAV) e orientar os que terão que implementá-la.

No Brasil, o primeiro passo à implementação do PBN foi a transição às rotas continentais RNAV 5 em 2009. Em paralelo à criação das aerovias RNAV 5, é necessário também a implementação gradativa de rotas de chegada e saída RNAV em áreas terminais pois a transição destas para a fase de rota deve ser contínua. Em 2010 já se podia observar rotas de chegada e saída RNAV/RNP em terminais como Recife e Brasília, sendo que para as terminais Rio de Janeiro e São Paulo o término de implantação se dará ainda em 2013. A exigência para os operadores se adequarem ao PBN foi determinada a partir de 2012 com a publicação de instrução suplementar específica [1]. Enquanto a primeira parte é atribuição do DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo), a quem cabe a estruturação do espaço aéreo brasileiro, a segunda é da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), cuja atribuição é analisar a capacidade do operador e lhe aprovar para a operação nos específicos espaços aéreos PBN. Na prática, o que se vê é uma dissonância entre os dois órgãos por um atraso na exigência de adequação por parte dos operadores, prejudicando o andamento de implantação do PBN no país.

3. ROTAS CONTINENTAIS: AEROVIAS

Rotas continentais são aerovias traçadas sobre o continente ligando pontos e/ou auxílios de navegação a fim de estabelecer os caminhos pelos quais as aeronaves devam passar quando estiverem se deslocando de sua origem a seu destino. Estas aerovias possuem larguras pré-definidas e são traçadas de modo a permitir que o piloto, através de seu equipamento de navegação, consiga navegar de maneira segura e mais precisa possível. Verticalmente, as aerovias são classificadas em Aerovias Superiores e Aerovias Inferiores, onde a altitude limítrofe é de 24.500 pés (7.468 metros). A **Figura 1** representa uma forma atual de organização de aerovias em certa porção do espaço aéreo da região sudeste do Brasil.

Fantoni, Porto e Müller – Rotas continentais de navegação de área no Brasil

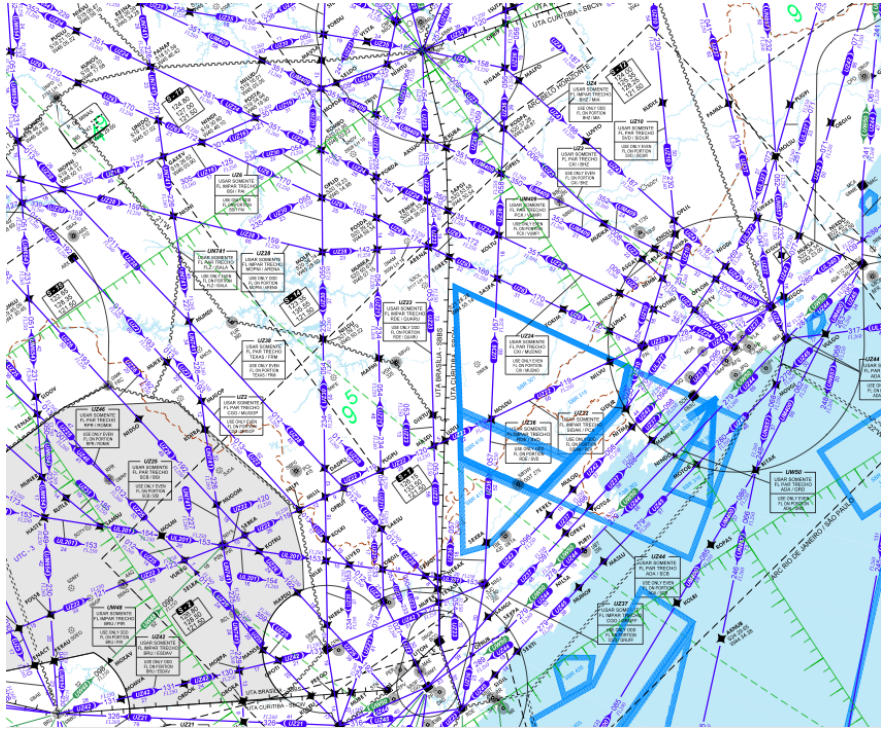


Figura 1: Trecho da Carta de Rota (ERC) DECEA. Fonte: www.aisweb.aer.mil.br [8]

Tradicionalmente, as aerovias continentais são balizadas por auxílios de navegação no solo que permitam o piloto sintonizar seu equipamento de navegação e assim voar essas rotas pré-definidas. Com o avanço da tecnologia embarcada nas aeronaves, percebeu-se que nem todas as aerovias necessitariam ser traçadas de modo a garantir a recepção de pelo menos um auxílio de navegação enquanto voando nela. Porém para isso, a aeronave precisaria possuir um equipamento embarcado capaz de calcular a posição geográfica da aeronave sem a necessidade desse auxílio no solo permitindo que ela se mantenha dentro dos limites laterais da aerovia. Surge então, as rotas de navegação de área.

4. AEROVIAS CONVENCIONAIS: DESIGNAÇÃO, REQUISITOS E DIMENSÕES

A designação de aerovias convencionais é definida pela OACI [10] e a nomenclatura utilizada para definir uma rota baseada em rádio navegação no Brasil está apresentada Tabela 1.

Tabela 1: Designação das aerovias convencionais no Brasil. Fonte: AIP-BRASIL ENR [5].

	Inferior	Superior
Aerovia Nacional	W	UW
Aerovia Internacional	A, B, G e R	UA, UB, UG e UR

Para se voar em uma aerovia convencional, primeiramente é preciso que o planejamento de voo seja feito com base na capacidade dos equipamentos de navegação a bordo da aeronave. Esta capacidade é declarada no momento da emissão do plano de voo. Os equipamentos de navegação necessários para se voar em aerovias convencionais são geralmente equipamentos receptores de VOR, VOR/DME e/ou ADF. Ou seja, aeronaves com essa capacidade somente podem executar o voo em aerovias balizadas por esses auxílios à navegação.

Como já dito, as aerovias são classificadas em Aerovias Superiores e Aerovias Inferiores. Suas dimensões são assim definidas:

- Aerovias Superiores:
 - a) Limite vertical superior e inferior – ilimitado e FL245¹ exclusive, respectivamente; e
 - b) Limites laterais – 43NM (80km) de largura, estreitando-se a partir de 216NM (400km), antes de um auxílio à navegação, atingindo sobre este a largura de 21,5NM (40km). Aerovias superiores entre dois auxílios à navegação distantes entre si até 108NM (200km) terão a largura de 21,5NM (40km) em toda a sua extensão.
- Aerovias Inferiores:
 - a) Limite vertical superior e inferior – FL245 inclusive e 500 pés (150 metros) abaixo do FL mínimo indicado nas Cartas de Rota (*Enroute Charts* - ERC), respectivamente; e
 - b) Limites laterais – 16NM (30km) de largura, estreitando-se a partir de 54NM (100km) antes de um auxílio à navegação, atingindo sobre este a largura de 8NM (15km). Aerovias inferiores entre dois auxílios à navegação distantes entre si até 54NM (100km) terão a largura de 11NM (20km) em toda a sua extensão.

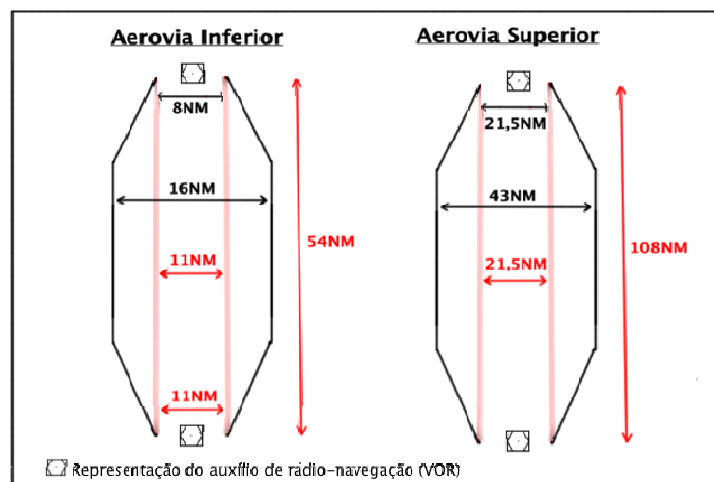
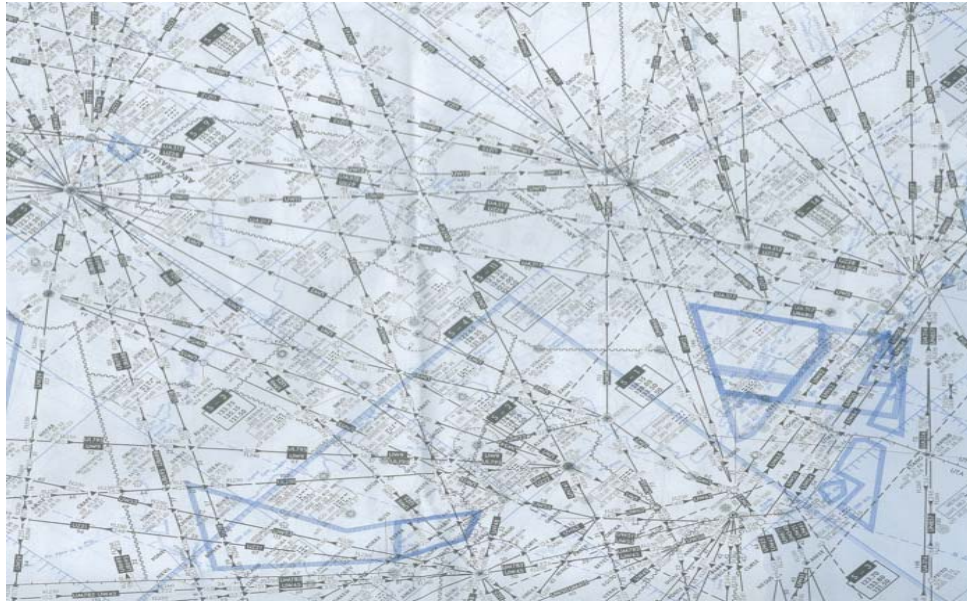


Figura 2: Fonte: desenvolvido pelo Autor

Analisando as dimensões apresentadas, pode-se concluir que existe uma grande perda na capacidade de utilização do espaço aéreo visto que a largura das aerovias chegam a 43NM (80km) em aerovias superiores e a 16NM em aerovias inferiores. O resultado da necessidade do balizamento por auxílios à navegação e as dimensões apresentadas resultam na distribuição de rotas apresentadas na **Figura 3**, a qual representa a organização de aerovias em certa porção do espaço aéreo da região sudeste do Brasil antes do espaço aéreo PBN [9].

¹ FL é a sigla utilizada para *Flight Level* (Nível de Voo) e expressa centenas de pés. No caso, FL245 expressa 24.500 pés.

Fantoni, Porto e Müller – Rotas continentais de navegação de área no Brasil

**Figura 3:** Carta de Rota (ERC) DECEA (2006)

Auxílios à navegação no solo do tipo NDB estão em fase de extinção no Brasil. Um plano de desativação gradual dos mesmos está em fase de execução, publicado em circular de informação aeronáutica específica [7]. Auxílios à navegação no solo do tipo VOR e VOR/DME ainda não têm data para serem extintos visto que, embora não tenham função quando falamos da navegação de área por satélite, exceto servindo como um recurso de *backup*, possuem grande importância para equipamentos de navegação de áreas embarcados que utilizem sensores inerciais.

5. AEROVIAS DE NAVEGAÇÃO DE ÁREA: DESIGNAÇÃO, CARACTERÍSTICAS E BENEFÍCIOS

A designação de aerovias RNAV é definida pela ICAO [10] e a nomenclatura utilizada para definir uma rota de navegação de área no Brasil está apresentada na **Tabela 2**.

Tabela 2: Designação das aerovias RNAV inferiores e superiores no Brasil. Fonte: AIP-BRASIL ENR [5].

	Inferior	Superior
Aerovia Nacional	Z	UZ
Aerovia Internacional	L, M e N	UL, UM e UN

Para apresentar as características e os benefícios das aerovias de navegação de área, as chamadas Aerovias RNAV (*Area Navigation*), é necessário dividi-las em dois períodos de tempo distintos: antes e após a implantação do PBN (*Performance Based Navigation*) no Brasil.

5.1. Antes do PBN

A implantação do PBN no Brasil foi iniciada em 2009 com a publicação de circular de informação aeronáutica específica [3]. Adequações no programa de implantação foram aplicadas e em janeiro de 2011 entra em vigor uma nova circular [4] a qual revoga a primeira e tem como finalidade notificar o adiamento da implementação da RNAV 5 nas FIR Amazônica, Brasília, Curitiba e Recife para 22 de setembro do mesmo ano.

Rotas RNAV já existiam antes das mudanças estruturais mencionadas. Eram rotas que ligavam pontos a grandes distâncias e disputavam espaço entre as rotas ATS convencionais. Por serem rotas de navegação de área, não necessitavam passar por auxílios a navegação no solo, diferentemente das rotas de rádio-navegação. Nelas, só se podia voar aeronaves com capacidade de navegação RNAV equipadas com sistemas de gerenciamento de voo (*Flight Management Systems*) capazes de calcular sua posição geográfica através de sensores² inerciais (*Inertial Reference System* – IRS – ou *Inertial Reference Unit* – IRU), VOR/DME e/ou DME/DME. Pelo sistema de gerenciamento de voo ser um equipamento caro, quem se beneficiava dessas rotas mais diretas eram, na sua grande maioria, aviões de transporte aéreo público regular e uma minoria de aviões da aviação geral/corporativa. Adicionalmente, as rotas RNAV antes da implantação do PBN não faziam parte da estrutura de aerovias inferiores, pois tais sistemas de navegação são caros e não equipam aeronaves menores e de baixa performance. Essa capacidade começa a se inverter com a introdução de equipamentos de navegação baseados em satélite, cujo custo de aquisição é bastante inferior e portanto sendo acessível a grande parte dos operadores da aviação geral.

As dimensões das aerovias RNAV eram idênticas as dimensões das rotas superiores convencionais, já apresentadas neste artigo. Evidencia-se aí, mais uma vez, uma grande perda na capacidade de utilização do espaço aéreo superior visto que a largura das aerovias era de 43NM (80km).

5.2. Após o PBN

Após o redesenho das aerovias continentais, criando assim rotas de navegação de área RNAV 5 tanto em espaço aéreo superior como, agora, em espaço aéreo inferior, características e benefícios devem ser comentados. São eles: dimensão, separação lateral, organização e distâncias voadas.

5.2.1. Dimensão

A OACI [12] define que a designação da especificação de navegação se refere à precisão de navegação lateral em milhas náuticas, a qual é esperada durante pelo menos 95% do tempo voado neste espaço aéreo. Portanto, a dimensão de uma aerovia RNAV 5 é de 5NM para cada lado do eixo da rota, ou seja, sua largura total é de 10NM. Diferentemente das aerovias convencionais, a rota RNAV 5 será sempre um corredor de 10NM de largura, não importando sua extensão. E essa dimensão é idêntica, tanto para o espaço aéreo inferior como para o espaço aéreo superior, pois o que importa agora é a performance do equipamento de navegação.

5.2.2. Separação Lateral

No próprio *Doc 9613* [12], a OACI recomenda separações laterais entre aerovias RNAV 5 e estas com relação a aerovias convencionais. Em espaços aéreos sem cobertura radar e que tenham grande volume de tráfego aéreo, é recomendado uma separação lateral de 30NM entre as aerovias mencionadas a fim de manter o grau de segurança requerido para as operações. Em áreas onde o volume de tráfego é menor, essa separação lateral pode ser reduzida. Em regiões onde exista cobertura radar, as separações devem ser definidas com base no volume aceitável da carga de trabalho dos controladores de voo e das ferramentas disponíveis aos mesmos. Espaçamentos laterais de 16,5NM entre aerovias de mesmo sentido e 18NM entre aerovias de sentidos opostos já são atualmente utilizados mundo a fora.

² Um sistema de gerenciamento de voo (*Flight Management Systems* – FMSs) consiste de um ou mais computadores de voo (*Flight Management Computers* – FMCs) que, entre outras funções, calculam a posição geográfica da aeronave através de um ou mais sensores de navegação. Esses sensores podem ser um ou uma combinação de inercial, VOR/DME, DME/DME ou GNSS.

Fantoni, Porto e Müller – Rotas continentais de navegação de área no Brasil

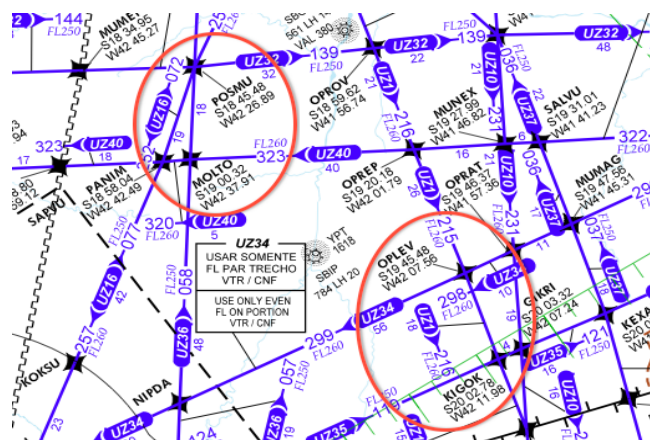


Figura 4: Trecho da Carta de Rota (ERC) DECEA. Fonte: www.aisweb.aer.mil.br [8]

Analisando as aerovias continentais RNAV 5 no Brasil, percebe-se a utilização da separação lateral mínima de 18NM. Isso fica evidenciado na **Figura 4**, a qual demonstra a separação lateral entre as duplas de rotas de sentidos opostos UZ32 e UZ40, e entre a dupla UZ34 e UZ35, que ligam as áreas terminais de controle de Brasília e Vitória, e Belo Horizonte e Vitória, respectivamente.

5.2.3. Organização

A **Figure 5** mostra a atual disposição das rotas RNAV 5 na FIR Brasília entre os segmentos das terminais São Paulo, Brasília e Belo Horizonte. As linhas azuis representam as rotas de navegação de área, enquanto as linhas verdes representam as rotas convencionais. Ênfase é dada a forma paralela das aerovias através das linhas tracejadas azuis. Quando essa organização é utilizada em combinação à definição de aerovias unidirecionais disponibilizando todos os níveis de voo, além de aumentar a capacidade do espaço aéreo, permite que as aeronaves voem em níveis operacionalmente mais econômicos.

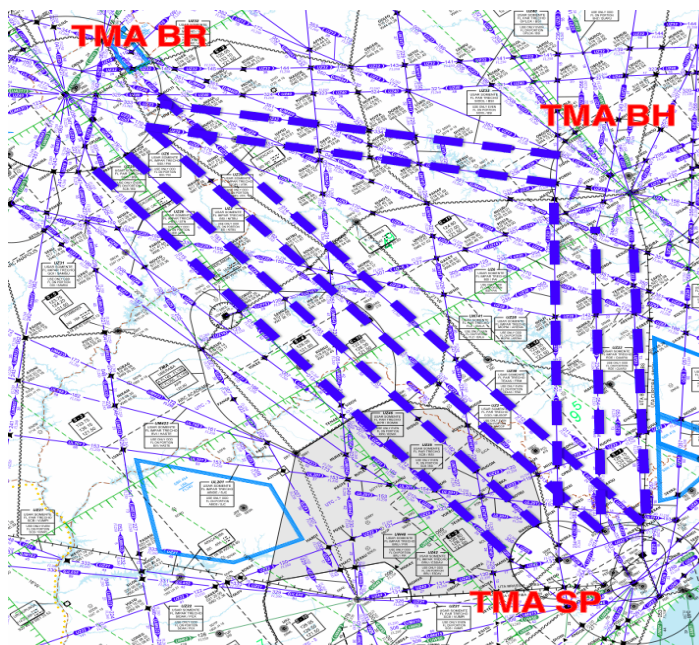


Figure 5: Trecho da Carta de Rota (ERC) DECEA. Fonte: www.aisweb.aer.mil.br [8]

Por exemplo, duas localidades A e B antes eram ligadas por uma única aerovia superior convencional de mão dupla. Tendo seu primeiro nível o FL 250 e se estendendo até o FL410 (nível máximo operado pela maioria das aeronaves de linha aérea), é fácil de observar que havia 9 níveis ímpares (A para B) e 8 níveis pares (B para A) disponíveis. Agora, vamos supor que após o PBN essas duas localidades passaram a ser ligadas por 2 aerovias RNAV 5 de mão única e de sentidos opostos com todos os níveis disponibilizados. Tendo novamente o seu primeiro nível o FL250 e se estendendo ao FL410, observa-se 17 níveis disponíveis de A para B e 17 níveis de B para A. Houve aí um aumento na capacidade de absorção no volume de tráfego aéreo entre essas duas localidades.

5.2.4. Distâncias Voadas

Rotas mais diretas é também um dos benefícios das aerovias RNAV. Quando analisamos as rotas entre localidades relativamente próximas com auxílios à navegação no solo, como por exemplo a Figura 4, que mostra a ligação entre as terminais São Paulo, Brasília e Belo Horizonte, pouco benefício se percebe visto que as rotas convencionais, nesses casos, também tendem a ser bastante diretas pelo alcance de transmissão desses auxílios. Agora, quando comparamos rotas mais longas ligando pontos mais distantes, é fácil de ver o benefício em questão. A **Tabela 3** apresenta a distância voada em aerovia entre o aeroporto de Brasília, no Distrito Federal, e o aeroporto de Vitória, no Espírito Santo, antes e depois do PBN.

Tabela 3: Distâncias voadas entre os aeroportos de Brasília e Vitória antes e depois do PBN.

	Origem	Destino	Aerovia(s)	Distância (NM)
Antes do PBN*	Brasília	Vitória	UW11/UW12	540
	Vitória	Brasília	UW12	518
Após o PBN**	Brasília	Vitória	UZ32	516
	Vitória	Brasília	UZ34	496

* Carta de navegação DECEA utilizada para a análise: Carta de Rota, Espaço Aéreo Superior, data de efetivação 28 SEP 06 [9].

** Carta de navegação DECEA utilizada para análise: Carta de Rota, Espaço Aéreo Superior, data de efetivação 10 JAN 13 [8].

Antes do PBN, a aerovia que partia da terminal Brasília com destino à terminal Vitória, seguia através da terminal Belo Horizonte, ou seja, a aerovia UW11 era uma rota de mão única até a terminal Belo Horizonte, e após, a aerovia UW12 servia esta à terminal Vitória. Não havia uma ligação direta entre Brasília e Vitória. Com a criação das rotas RNAV 5, as duas localidades ficaram ligadas pela UZ32. A diferença de distância entre a rota convencional e a de navegação de área, conforme **Tabela 3**, é de 24NM. Já o sentido contrário, partindo de Vitória com destino a Brasília, utilizava-se apenas uma aerovia, a UW12, a qual passava pela terminal Belo Horizonte e seguia à Brasília. Com o PBN, esta ligação ficou direta através da UZ34. Comparando as distâncias indicadas na **Tabela 3**, chega-se ao valor de 22NM. Podemos concluir que, rotas mais diretas beneficiam tanto os operadores, pelo fato de possibilitar voos mais diretos e consequentemente mais econômicos, quanto a carga de trabalho dos controladores, por evitar, neste caso, de se sobrevoar uma área terminal, normalmente congestionada por aeronaves com origem ou destino nessa localidade.

5.2.5. Consumo de Combustível

A análise de consumo de combustível entre as rotas voadas antes e depois do PBN para as localidades de Brasília e Vitória foi realizada através da ferramenta *Total Airspace and Airport Modeler* (TAAM), a qual possibilita a modelagem *fast time* de aeroportos e espaços aéreos permitindo uma análise antecipada ou resultante do impacto de mudanças em infraestrutura aeronáutica, operações de voo e programações da malha aérea. O estudo utilizou como base dois modelos de aeronaves amplamente

utilizados pelas companhias de linha aérea regular no Brasil, o BOEING 737-800 e o AIRBUS 320. Os resultados obtidos tem a intenção de mostrar, de maneira quantitativa, a diferença no consumo de combustível gerada durante a operação de voo na fase de rota antes e após a implementação das aerovias RNAV 5 para a origem-destino em questão. Ou seja, para a simulação, não foram habilitadas as pistas e os procedimentos de subida e descida, pois o objetivo foi somente a análise de consumo de combustível em rota. A **Tabela 4** apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4: Consumo de combustível em rota entre os aeroportos Brasília e Vitória antes e depois do PBN.

Aeronave	Origem/Destino	Consumo de Combustível (kg)		
		Antes o PBN	Após o PBN	Economia (%)
B737	Brasília/Vitória*	2897	2791	3,6%
B737	Vitória/Brasília*	2997	2878	3,9%
A320	Brasília/Vitória**	2919	2810	3,7%
A320	Vitória/Brasília**	3127	2996	4,1%

* Nível de voo utilizado: FL370

** Nível de voo utilizado: FL350

A economia no consumo de combustível já era conhecida como resultado da menor distância voada. Porém a simulação permite estimar a grandeza dessa economia, gerando tanto benefícios econômicos às empresas aéreas como benefícios ambientais com a diminuição na emissão de gases poluentes. É possível ver que a economia para a rota em questão, a qual trocou aerovias convencionais por aerovias de navegação de área RNAV 5, é estimada em 3,8% para as os dois modelos de aeronaves. Esse é um resultado expressivo para as empresas aéreas visto que o custo do combustível chega a representar de 30% a 40% de seus custos totais operacionais, permitindo economias significativas para as operações de voo.

6. DISCUSSÃO ACERCA DA LEGISLAÇÃO

A legislação brasileira que define critérios de espaço aéreo e dimensões de aerovias [2] deve sofrer revisão como parte da implantação do PBN no Brasil. Como já comentado neste artigo, as aerovias RNAV sofreram modificações em sua dimensão e estão presentes também no espaço aéreo inferior, ambos pontos não presentes na última revisão da legislação em questão. Tal problema não ocorre com a legislação que define os critérios de preenchimento de um plano de voo [6], a qual sofreu revisão em 2012 e está em acordo com a correta declaração de capacidade PBN a ser realizada pelo operador.

7. CONCLUSÃO

O aumento da capacidade do espaço aéreo sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura por parte dos Estados, além de ser uma necessidade, é um grande desafio. A navegação baseada em performance, parte importante do CNS/ATM, é uma ferramenta importante para o avanço desse aumento de capacidade por utilizar todo ou parte do avanço tecnológico embarcado nas aeronaves. A transição das rotas aéreas convencionais para as aerovias RNAV 5 disponibiliza um melhor aproveitamento do espaço aéreo por se utilizar rotas mais diretas, mais estreitas, e assim mais próximas entre si. Porém, esse benefício somente é observado se houver uma eficiente transição entre as aerovias RNAV e as rotas de chegada nas terminais, pois ele pode ser rapidamente perdido se essas chegadas não forem corretamente projetadas. Adicionalmente, a utilização de rotas RNAV possibilita uma diminuição na carga de trabalho dos controladores de voo e dos pilotos, pois o uso delas possibilita evitar áreas por vezes congestionadas, tal como áreas terminais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agência Nacional de Aviação Civil. “IS 91-001 Aprovação de Aeronaves e Operadores para Condução de Operações PBN”, revisão C, 2012.
- [2] Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. “ICA 100-12 Regras do Ar e Serviço de Tráfego Aéreo”, 2009.
- [3] Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. “AIC-N/09 11 – Implementação da RNAV-5”, 2009.
- [4] Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. “AIC-N/11 06 – Implementação da RNAV-5, 2011.
- [5] Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA (2012). “AIP-BRASIL ENR 3 Rotas ATS”, emenda 08/13, 2002.
- [6] Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. “MCA 100-11 Preenchimento dos Formulários de Plano de Voo”, 2012.
- [7] Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. “AIC-N 03/13 Plano de Desativação Gradual das Estações NDB”, 2013.
- [8] Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. “Carta de Rota (ERC), Espaço Aéreo Superior”, data de efetivação 10 JAN 13, disponível em: www.aisweb.aer.mil.br, acesso em: 20 maio 2013.
- [9] Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. “Carta de Rota (ERC), Espaço Aéreo Superior, data de efetivação 28 SEP 06”.
- [10] International Civil Aviation Organization – ICAO. “Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation, AIR TRAFFIC SERVICES”, 13th ed., 2001.
- [11] International Civil Aviation Organization. “Doc 9750 AN/963, Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems”, 2nd ed., 2002.
- [12] International Civil Aviation Organization. “Doc 9613 AN/937, Performance-Based Navigation (PBN) Manual”, 3rd ed., 2008.

AEROPUERTOS Y CONEXIONES FERROVIARIAS

Las experiencias internacionales

C. L. Farberoff

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás

Abogado- Especialista en Transporte.

Espora 61, Ramos Mejía, (B1704FAA), Buenos Aires, Argentina

transporteyturismo@ymail.com

RESUMEN:

El presente trabajo realiza un diagnóstico de la situación actual de los países, que en alguna de sus ciudades y/o áreas metropolitanas, cuentan con uno o más aeropuertos conectados mediante infraestructuras y servicios ferroviarios a las áreas centrales de las mismas y al hinterland de dicho aeropuerto. El objetivo principal pretende ser un insumo para la toma de decisiones para aquellos aeropuertos que carezcan de esta facilidad y en especial para el caso de Buenos Aires, la ciudad global de Argentina.

PALABRAS CLAVES: Aeropuertos, Infraestructura, Conectividad, Ferroviaria, Metrópolis.

ABSTRACT

This paper provides a diagnosis of the current situation of countries in some of its cities and metropolitan areas have one or more airports connected by rail services and infrastructure with the central areas of the same and the hinterland of the airport. The main goal intended to be an input for decision-making for those airports that lack this facility and especially in the case of Buenos Aires, the Argentina global city

KEYS WORDS: Airports, Infrastructure, Connectivity, Railway, Metrópolis

INTRODUCCION

La necesidad de tener presente las distintas experiencias internacionales, por la cuales una cantidad de países en los distintos continentes han logrado establecer en algunas ciudades o áreas metropolitanas de los mismos, la conectividad ferroviaria de sus aeropuertos con las áreas centrales. Esto nos brindará un panorama del posicionamiento de dicha ciudad o país, con respecto a sus pares, en términos de competitividad y atracción como de una mejor calidad de vida tanto para sus residentes habituales como para los residentes no habituales o turistas, para lo cual se desarrollará un sobrevuelo que nos permita tener un diagnóstico actualizado del tema.

Se considera conexión ferroviaria, a todo enlace de transporte guiado sobre rieles, independientemente del tamaño, capacidad de pasajeros transportados, velocidad y tipo de servicio, incluyendo como excepción y su ínfima presencia en el mundo de la tecnología Maglev, para se definen los siguientes tipos: **i) Bus a Estación:** Son los buses públicos o shuttle que enlazan al Aeropuerto con la estación

ferroviaria más cercana, que abrevio como **BaE**; **ii) LRT**: Light Raíl Transit (en inglés) o Metro Ligero o Tranvía moderno de más de 1 coche, incluyendo a los AGT (Tren guiado automático); **iii) Metro**: Esta denominación comprende a los tradicionales subterráneos o Underground y aquellos que circulan a nivel o en alto nivel, totalmente separados del tráfico urbano, con material rodante más pesado y una mayor velocidad que los LRT.; **iv) Suburbanos**: Son los ferrocarriles suburbanos o de cercanías o metropolitanos, que tienen una mayor cobertura de población que los Metros pesados (100 Km aproximadamente) y que abrevio como **SubUrb.**; **v) Regionales**: Que circulan sobre la misma infraestructura que los suburbanos, pero que se extienden a una distancia mayor y con menos paradas en el área suburbana, que abrevio como **Region.**; **vi) Alta Velocidad en Red**: Son aquellos trenes de alta velocidad, que pueden alcanzar como mínimo los 250 km/h, y en la cual, la parada en el Aeropuerto, es una más de la red por la que circulan. Los casos típicos son los ICE alemanes, los TGV franceses o el Thalys que conecta varias ciudades y aeropuertos de distintos países, que abrevio como **AV en Red.**; **vii) Alta velocidad dedicado o exclusivo**: Son los trenes de alta velocidad exclusivos o dedicados que unen el Aeropuerto con una estación en el Área Central sin paradas intermedias como el Heathrow Express en Londres, que es guiado sobre rieles, que abrevio como **AV ded.**; **viii) Maglev**: Alcanzan velocidades superiores a los de alta velocidad guiados sobre rieles, cuya tecnología se basa en la levitación magnética, (**Maglev**)

En este documento el término Ciudad, es amplio y abarca desde la más pequeñas en cantidad de habitantes hasta las muy grandes áreas metropolitanas o Metrópolis del mundo o Ciudades Globales.

METODOLOGIA

Se realizó una base de datos, en base a la información suministrada por la página web especializada de la International Air Raíl Organisation (www.iaro.org), la cual generó el sitio web: www.airportrailwaysoftheworld.com, con el apoyo de la IATA (International Air Transport Association)

Dicha información fue complementada, corroborada y cruzada con la información surgida de otras fuentes como la Guía de los Aeropuertos del mundo (www.aeropuertosdelmundo.com.ar); el sitio web: <http://www.toandfromtheairport.com>; el sitio especializado en metros y subterráneos: www.urbanrail.net, como las páginas web de líneas ferroviarias o de aeropuertos, entre otros.

A partir de la base de datos general establecida, se generaron las tablas que se insertan en el desarrollo de la presentación, que permita tener un panorama muy claro de la situación actual en el mundo y en especial en los países que integran el grupo G-20, en los cuales se encuentra la República Argentina y por lo tanto, la metrópolis de Buenos Aires.

RESULTADOS GENERALES

Tabla 1: Resumen del estado de la conectividad ferroviaria con aeropuertos (Air Raíl Link)

Continentes	5		
Países miembros ONU	193		
Países Enlaces Ferro-Aeropuertos	41	21,24%	del Total de países
Ciudades	155	3,78	Ciudades/Países
Aeropuertos	173	1,12	Aeropuertos/Ciudades
Total de Enlaces Ferro-Aeropuerto	287	1,66	Enlaces/Aeropuertos

Elaboración propia

Este cuadro muestra que existen países con más de 1(una) Ciudad con este tipo de conectividad y Ciudades con más de un (1) Aeropuerto, como el caso de Buenos Aires y Aeropuertos con más de un tipo de enlace ferroviario, que como veremos después, incluye el mismo o distintos operadores.

Tabla 2: Enlaces Ferroviarios-Aeroportuarios por Velocidad Comercial

Enlaces Ferroviario-Aeroportuario	Abrev.	Cantidad	Aeropuertos	Observaciones
Enlace Bus a Estación	BaE	41	40	Leeds-Bradford-
LRT (Light Raíl Transit)	LRT	26	26	
Metros / Subways	Metro	43	42	Gimpo-Corea del Sur(+1)
Regionales	Region	70	58	+ de 1 en algunos Aeropuertos
Suburbanos	SubUrb	75	69	+ de 1 en algunos Aeropuertos
Alta Velocidad en Red	AV Red	12	10	Dusseldorf//Charles De Gaulle
Alta Velocidad dedicado	AV ded	20	19	Narita tiene 2 y distinto Operador
Alta Velocidad exclusivo Maglev	Maglev	1	1	Pudong (PDG), Shanghai.
Total Enlaces Ferro Aeroportuarios		288		

Elaboración propia.

Como se ve, la tabla 2, está ordenada de menor a mayor velocidad comercial, que es proporcional al nivel de inversión, mientras la siguiente está ordenada de mayor a menor porcentaje del total.

Tabla 3: Relaciones de c/Tipo versus Total de Servicios

Abrev.	Cantidad	%	Resumem
SubUrb	76	26,39%	
Region	70	24,31%	50,70 % Suburbanos y Regionales
Metros	43	14,93%	24,02 % Metros(Subtes) y LRT(Tranvías)
BaE	40	13,89%	
LRT	26	9,03%	88,54 % es Transporte Público Urbano
AV ded	20	6,94%	
AV Red	12	4,17%	
Maglev	1	0,35%	11,46 % con mayor nivel de inversión
Total	288	100,00%	

Elaboración propia

Del 88,54 % de TPU, el 74,72% corresponde a transporte ferroviario o guiado sobre rieles. Si sobre la misma infraestructura del Regional o del Suburbano circulan los AV dedicados, el porcentaje se podría elevar hasta el 81,66%, en el cual el diferencial de inversión, sería el valor del material rodante, que tendría características especiales en el equipamiento interior y en algunos casos, la velocidad de circulación, como podría ser los trenes del Heathrow Express con los del Heathrow Conect, en Londres.

A continuación, se presenta como listado y en orden alfabético de continentes, países y ciudades, que tengan 1 sólo aeropuerto con su sigla IATA correspondiente y 1 sólo tipo de enlace ferroviario mencionado con la abreviatura señalada y con una barra divisoria, la distancia al área central en Km.

África: 1) **Kenia:** Nairobi (NBO) (BaE/15); 2) **Marruecos:** Casablanca (CMN) (SubUrb/30); 3) **Túnez:** Monastir (MIR) (LRT/8); **Subtotal: Tres (3)**

América: **Brasil:** 4) Porto Alegre(PGP) (Metro/8); 5) Recife(REC) (Metro/10); 6) **Canadá:** Vancouver(LRT/15); **EEUU:** 7) Boston(BOS) (SubUrb/2); 8) Cleveland(CLE) (Metro/16); 9) Milwaukee(MKE) (Region/11); 10) Phoenix(PHX) (BaE/11); 11) Providence(PVD) (SubUrb/14); 12) Salt Lake City(SLC) (LRT/10); 13) San Diego(SAN) (LRT/5); 14) Seattle(SEA) (LRT/19); 15) South Bend(SBN) (Region/6); 16) St. Louis(STL) (LRT/21); **México:** 17) México DF(MEX) (Metro/10).- **Subtotal: Catorce(14).**

Sin ser un continente, formamos un conjunto de naciones con historias, culturas, idiomas y tradiciones similares, razón por la cual las agrupé para tener una noción de la situación de Iberoamérica en la problemática.

Iberoamérica: Porto Alegre, Recife, México DF y las siguientes ciudades de **España:** Barcelona (BCN) (Suburbano/13); Jerez (XRY) (Region/10); Málaga (AGP) (Region/12); Sevilla (SVQ) (BaE/10); Valencia (VCL) (Metro/13); **Portugal:** Lisboa (LIS) (Metro/13); Oporto (OPO) (LRT/16).- **Subtotal: Diez (10).-**

Oceanía: **Australia:** Brisbane (BNE) (Suburbano/12); Perth (PER) (BaE/12); **Nueva Zelanda:** Wellington (PPQ) (Suburbano/8), que conforman un **Subtotal: Tres (3) Ciudades.-**

Hasta aquí se observan la tendencia, obvia de Aeropuertos en una distancia no superior a los 20 Km, con servicios de transporte público urbano en la cual no tienen servicios de AV.-

Asia, nos encontramos con **27 Ciudades, con 1 sólo Aeropuerto, con 1 sólo servicio** de enlace ferroviario con sus aeropuertos, en su gran mayoría con las características similares a los ejemplos anteriores. **China: 7 (siete)** Ciudades, entre las que se encuentra Beijing (PEK) (Metro/25), Capital de dicho país y Changchun y Haikou, que se distinguen por ser los únicos servicios de Alta Velocidad en Red. **Corea del Sur: Dos (2)** en la cual Pusan (PUS) (LRT/27), tenemos uno de los LRT de más largo recorrido. **Emiratos Árabes Unidos.-1** ciudad. Dubái; **India: 4** ciudades, que incluye la Capital Nueva Delhi y Mumbai o Bombay, el Aeropuerto no tiene conectividad ferroviaria a su Aeropuerto. **Indonesia: 2(Dos); Israel: 1 (1); Japón; 6(seis); Myanmar: 2 (Dos); Singapur: 1(Uno); Taiwán: 1(Uno).-**

Europa: Excluyendo las **7 ciudades de Europa de España y Portugal** incorporada dentro del listado de Iberoamérica a los efectos de la presentación en este Congreso, tenemos un total de 32 ciudades distribuidas en los siguientes países: **Alemania: (9)** Nueve; **Austria (1)** Una; **Francia: 3 (Tres);** Georgia: **1(Una); Holanda: 1(Una); Hungría: 1(Una); Italia: 6 (Seis); Lituania; (1) Una; Polonia (1) Una; Reino Unido: 4 (Cuatro); Rusia: 3 (Tres); Suiza: 2 (Dos); Turquía: 2 (Dos),** que hacen un subtotal de 35 ciudades. Sumadas las 7 de España y Portugal completan la cifra de **42 Ciudades-**

Los cinco (5) continentes, arrojan la cifra de **89 Ciudades con 1 sólo aeropuerto y 1 sólo servicio ferroviario,** que significa el total de Ciudades: 57,42 %; Aeropuertos: 51,44 % y Servicios Ferroviarios: 30,09 %.

RESULTADOS ESPECÍFICOS

Ciudades y Metrópolis más importantes de los Países del T-20¹

El Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable (PFETS) 2020 actualizado al 2011, iniciado a partir del año 2004, es una propuesta interesante de Planeamiento estratégico y colectivo en Argentina, luego que el entonces Presidente de la Nación, Dr. Néstor Kirchner, participara como asistente a la Feria de Turismo de Berlín, más conocida como la ITB, que es una de las importantes del mundo.

En la misma dirección, la elevación del rango institucional de la actividad de Secretaría a Ministerio, realizado por la actual Presidenta de la Nación Dra. Cristina Fernández de Kirchner, fue otro hecho

¹ T-20: Reunión de los Ministros de Turismo de los países integrantes del Grupo G-20, integrado por los siguientes 19 Estados: Alemania; Arabia Saudita; Argentina; Brasil; Canada; China; Corea del Sur; Estados Unidos; Francia; India; Indonesia; Italia; Japón; México; Reino Unido, Rusia; Sudáfrica; Turquía, Unión Europea más España como invitado permanente.-

auspicioso y relevante, que se complementa con la participación desde su inicio en las reuniones del T-20.

En la segunda reunión celebrada en Corea del Sur (2010) se afirmó que “El turismo puede realizar una importante contribución a las iniciativas que el G20 está llevando a cabo para lograr un crecimiento compartido después de la crisis, especialmente en términos de creación de empleos y avance en la agenda del desarrollo. El sector turístico está preparado para trabajar por el objetivo común de un crecimiento fuerte, sostenible y equilibrado”.²

En este sentido, el PFETS 2020, sostiene respecto al transporte aéreo: “A pesar de la mejora reciente en la conectividad de nuestro país, especialmente en lo referente a transporte aéreo, resulta necesario reafirmar las voluntades de todas las áreas de gobierno y de los sectores económicos involucrados, para profundizar el desarrollo de propuestas integrales que perfeccionen los sistemas de trama conectiva del país, con una mirada global que priorice la búsqueda de soluciones a las restricciones que puedan presentarse en materia de conectividad, infraestructura aeroportuaria, vial y de servicios³

La falta de mención de la infraestructura ferroviaria, contradice el marco conceptual de un Plan equilibrado, sustentable e inclusivo, que seguramente será remediado en la próxima actualización del mismo, para lo cual se mostrarán en las siguientes tablas, la situación actual en los países integrantes del G-20, con la excepción de aquellos representados por la Unión Europea, para que se pueda observar y extraer conclusiones y en especial de las Áreas Metropolitanas que tienen 2 o más Aeropuertos en su área de influencia, como sucede en Buenos Aires con sus Aeropuertos Metropolitanos e Internacionales de Ezeiza (EZE) y Aeroparque (AEP).

Tabla 4: ALEMANIA: Ciudades –Aeropuertos y Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año	Pax/Año	Enlace	Dist.	Tiempo	Operador
Berlín	W.Brandt Berlín Brandemburgo	BER	2014	0	Ídem SXF	18		Ídem Schoenfeld
	Berlín Schoenfeld (cierra)	SXF	1934	7,11/11	Metro	22sse		BVG-Emp.Trans.Berlin
		SXF			Regional	22		InterConnex (Veolia)
		SXF			Regional	22		Deutsche Bahn Regio
	Tegel Otto Lilienthal	TXT	1948	17(11)	Metro	8ono		BVG
	Tempelhof (2008 cerrado)	THL	1927	0,35/07	Suburbano	5s		Deutsche Bahn Regio
	Tempelhof.- Pque Púb.380ha	THL			Metro	5		BVG
Colonia / Bonn	Colonia / Bonn	CGN	1939	9,6/11	AV en Red	13-16	15	D.BahnReiseTouristik
	Colonia / Bonn	CGN			Regional	13-16		Deutsche BR&Touristik
	Colonia / Bonn	CGN			Suburbano	13-16		Deutsche Bahn Reigo
Dusseldorf	Dusseldorf	DUS	1927	20,3/11	AV en Red	10	6	Deutsche BR&Touristik
	Dusseldorf	DUS			AV en Red	10		Thalys
	Dusseldorf	DUS			Regional	10	12	Deutsche BR&Touristik
	Dusseldorf	DUS			Suburbano	10		Deutsche Bahn Reigo
Fráncfort	Frankfurt	FRA	1936	56,4/11	AV en Red	12		D.BahnReiseTouristik
	Frankfurt	FRA			Regional		15	Deutsche BR&Touristik
	Frankfurt	FRA			Suburbano			Deutsche Bahn Reigo

Elaboración propia

² ARGENTINA, Ministerio de Turismo, Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable 2020.- p.230.-

³ Idem Nota 2, p.223.-

En este país, se observa nítidamente el aprovechamiento de sus redes ferroviarias que utilizan normalmente sus residentes habituales como los turistas (metros, suburbanos, regionales y los de Alta Velocidad en Red), y la inexistencia de los tipos de enlaces: Bus a Estación o los Alta Velocidad dedicados o exclusivos.

El Área Metropolitana de Berlín y la ciudad-estado de Berlín incluida dentro de la misma como el estado federado de Brandeburgo que contiene a ambas, han definido como política estratégica para los Aeropuertos pasar de la dispersión de los mismos a la concentración en un solo Aeropuerto Hub como uno de los más moderno de Europa, próximo a inaugurarse: el Aeropuerto Willy Brandt Berlin-Brandenburg (BER) en la misma zona del actual Aeropuerto de Schönefeld, que será cerrado al igual que el actual Aeropuerto de Tegel. Este último probablemente, se lo transforme en un gran Parque Público, como sucedió en el año 2008, con el Aeropuerto de Tempelhof.

El actual Parque Público de Tempelhof, con sus 308 ha., se ha convertido en uno de los Parques Urbanos más grandes del mundo, superando entre otros, al Central Park de Nueva York, ejemplo claro y concreto sobre la relación entre la actualización y modernización de la infraestructura del transporte aéreo de un área metropolitana y su contribución a la calidad de vida de sus habitantes habituales y no habituales.

Tabla 5: Arabia Saudita, Argentina, Australia y Brasil: Conexiones Air Raíl Link

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año	Pax/Año	Enlace	Dist.	Tiempo	Operador
ARABIA SAUDITA								
Jeddah	King Abdulaziz International	JED	1981	17,89/10	Bus-Taxi	17n		AV en Red en Construcción
ARGENTINA								
Buenos Aires	Internacional Mtro. Pistarini	AEP	1947	8,85/12	Bus-Van-Taxi	33,3so	31	S/Conexión Ferroviaria
	Aeroparque Jorge Newbery	EZE	1949	8,88/12	Bus-Van-Taxi	13,2ne	26	x auto s/congestión
AUSTRALIA								
Melbourne	Avalon (JetStars)	AVV			Bus a Estación	57so		s/d
	Essendon	MEB			LRT	11nno		Moving Melbourne
	Moorabin	MBW			LRT	22se		s/d
	Tullamarine International	MEL	1928	28,19/11	Bus a Estación	23no		Sky Bus
Sídney	Kingsford Smith	SYD	1920	36,5/11	Suburbano	9		Airport Train Link
	Kingsford Smith	SYD		60/20	Suburbano	9		City Raíl
	Kingsford Smith	SYD			Suburbano	9		Fc.Nueva Gales del Sur
BRASIL								
Porto Alegre	Salgado Plinio	PGP	1940	7,84/11	Metro	8		TRENSURB
Recife	Recife	REC	1994	6,83/11	Metro	10		Metrorec(Metro Recife)
Belo Horizonte	Pampulha	PLU	1933	0,793/11	Bus-Van-Taxi	9		No hay Op.Ferrov.
	Tancredo Neves / Confins	CNF	1984	9,53/11	Bus-Van-Taxi	38		Proy.Metro L3
Rio de Janeiro	Antonio Carlos Jobim	GIG	1977	14,95/11	Bus-Van-Taxi	20n	40	Proyecto AV en Red
	Santos Dumont	SDU	1936	8,52/11	Ídem	4o	10	No hay Op.Ferrov.
San Pablo	Conghonas	CGH	1936	16,8/11	Bus-Van-Taxi	7		No hay Oper.Ferrov.
	San Pablo Guarulhos	GRU	1985	30-(11)	Ídem	25ne	45	Proyecto AV en Red
	Viracopos-Capiñas	VCP	1960	7,57/11	Ídem	18-98		Proyecto AV en Red

Elaboración propia

Estos cuatro países, se encuentran hasta la posición 13ª en el ranking mundial por la superficie territorial en km² que poseen: Brasil (5°); Australia(6°); Argentina(8°) y Arabia Saudita(13°), en el cual los 3 primeros tienen extensas redes ferroviarias.

Los únicos que no tienen en la actualidad, algún servicio ferroviario que conecte con cualquiera de los aeropuertos del país son: el Reino de Arabia Saudita⁴ y la República Argentina. El Reino, está construyendo una Red de Alta Velocidad de 449 Km. de extensión con 5 estaciones, una de las cuales se construirá en el Aeropuerto Internacional de la ciudad de Jeddah (JED)⁵, aumentando la extensión de su red actual en un 31,8%.

Como se observa en la tabla anterior, Brasil, la potencia económica de América del Sur, ya cuenta con 2 ciudades, con sus respectivos Aeropuertos (Porto Alegre y Recife), conectados cada uno por una línea de Metro.

Por otro lado, las áreas metropolitanas de Belo Horizonte, Rio de Janeiro y San Pablo, tienen cada una, 2 Aeropuertos dentro de las mismas. En todos los casos, uno de ellos es el más importante y moderno por su año de construcción, por la cantidad de pasajeros/año que moviliza como la potencialidad de crecimiento, y la permanente combinación de vuelos de cabotaje e internacionales, como son respectivamente el Tancredo Neves/ Confins; Antonio Carlos Jobim/Galeao y el de Guarulhos.

Belo Horizonte tiene planeado la construcción de la Línea 3 del Metro para llegar al Aeropuerto de Pampulha ubicado a sólo 9 kms.del área central.

Rio de Janeiro: La tercer metrópolis de América del Sur tiene 2 Aeropuertos, el Santos Dumont (1936) muy cerca del centro de la ciudad, hoy, dedicado exclusivamente a vuelos de cabotaje, mientras que el Galeao (1977), es el aeropuerto que genera vuelos de cabotaje, regionales e internacionales y tendrá en pocos años una estación del Tren de Alta velocidad (TAV) en Red, que se encuentra en las vísperas del llamado a Licitación pública internacional.-

San Pablo: La mayor metrópolis de América del Sur, tiene similar historia y futuro, con los Aeropuertos de Congonhas(1936) y Guarulhos(1985), con una futura estación del TAV.

Campiñas en el estado de San Pablo, con su Aeropuerto de Viracopos, que también tendrá una estación del TAV.

Además de privilegiar, la conexión ferroviaria de primer nivel internacional con sus aeropuertos principales, el TAV tendrá otras cinco (5) estaciones: tres (3) en cada una de las áreas centrales de las ciudades mencionadas y una en el interior de cada uno de los estados (Rio de Janeiro y San Pablo).⁶

Tabla 6: CANADA: Aeropuerto de Montreal y Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inaug.	Pax/Año	Enlace	Dist.	Tiempo	Operador
Montreal	Pierre Eliot Trudeau	YUL	1941	13,2/11	BaE + SubUrb	24		AMT (AT de Montreal)
	Pierre Eliot Trudeau	YUL			BaE + SubUrb	24		Vía Rail Canadá
	Pierre Eliot Trudeau/Dorval	YUL			BaE + SubUrb	24		STCUM

Elaboración propia

A continuación, siguiendo el orden alfabético, veremos la situación en 2 áreas metropolitanas muy importantes de Asia: China y Corea del Sur.-

⁴ ARABIA SAUDITA: 1412 km (2008). 81° en un ranking, según datos suministrados por la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles-

⁵ <http://www.ptferroviaria.es/Portals/0/PTFE/PTFE-Documents/Mariano-Garrido.pdf>.

⁶ FRANCA, Hélio Mauro: Proyecto TAV. Seminario de Infraestructura- Junio 2012.-

<http://www.spainbusiness.pt/icex/cma/contentTypes/common/records/mostrarDocumento/?doc=4595737>

Tabla 7: CHINA: Aeropuertos de Shangái y Hong Kong y las Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año	Pax/Año	Enlace	Dista.	Tiempo	Operador
Shanghái	Shanghái Pudong	PVG	1999	44,8/12	AV.MAGLEV	30se	7	Sh.MaglevT.Develop Co
	Shanghái Pudong	PVG			Metro. Line 2	30	30	Sh. Metro Operation Co
	Shanghái Hongqiao	SHA	1964	33,8/12	Metro.Line 2	16so	30	Sh. Metro Operation Co
Hong Kong	Hong Kong Helipuerto	HHP			Metro	s/d		Metrop.Trans Rail Corp.
	Hong Kong Chek Lap Kok	HKG	1998	56/12	AV dedicado	34		MTRC
		HKG			Bus a Estación	34		MTRC

Elaboración propia

Se mantiene la misma tendencia, los nuevos aeropuertos se alejan en distancia, respecto a los originales y se les brinda servicios ferroviarios de mayor velocidad, para compensar la misma, con la singularidad del único MAGLEV del mundo en funcionamiento para llegar al Aeropuerto Pudong de Shanghái, como en Hong Kong, el único Helipuerto.-

Encontramos otra vez, una característica a tener en cuenta, para Buenos Aires y es lo que sucede en Shanghái. Los 2 aeropuertos están separados en línea recta, una distancia de 35,218 Km⁷, y la línea de Metro n° 2 que los conecta pasando por el Área central, con un recorrido aproximado de 46 kms.

Tabla 8: COREA DEL SUR: Aeropuertos de Séúl y las Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año (MM)	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador
Seúl	Seúl Gimpo	GMP	1951	19,4/12	Metro Línea 5	17		SMRT:SeulMetroRapidTrans
		GMP			Metro Línea 9	17		VEOLIA
		GMP			Suburbano	17o	20-28	AREX
	Seul-Incheon	ICH	2001	38,9/12	AV dedicado	52o	43	AREX =
		ICH			Regional	52		Airport Rail Express
		ICH			Suburbano	52		Airport Rail Express

Elaboración propia

Seúl, tiene conectados los 2 aeropuertos con el Área Central y entre ellos mediante un servicio suburbano (varias estaciones intermedias), que a su vez combinan con las estaciones del metro tanto del Municipio de Seúl como en del Municipio de Incheon y sobre la misma infraestructura de las vías como la misma estructura de los coches circula un servicio expreso, sin paradas intermedias.

La diferencia, obviamente es el menor tiempo del viaje, la decoración y comodidades para los pasajeros en el interior de los coches, que permite un mayor valor de la tarifa.

La distancia entre los aeropuertos Gimpo e Incheon, está en el orden de los 30 Km, un valor levemente superior a la existente entre los Aeropuertos de Buenos Aires, Ezeiza y Aeroparque que es de 26,14 km.

También se encuentra que el tren de Alta velocidad dedicado que parte del Aeropuerto Incheon, sin paradas intermedias hasta la Estación Seúl, mientras que el Aeropuerto de Ezeiza en Buenos Aires, tiene adyacente a una de sus pistas, la traza ferroviaria del Fc. Belgrano Sur, cuya terminal es la Estación Buenos Aires.

Muchas similitudes o semejanzas entre la solución de Seúl y una de las más factibles para Buenos Aires, que tendría que unir a sus 2 Aeropuertos a través del Área central.

⁷ <http://www.dices.net/aeropuertos/calcularDist.php>

Tabla 9: ESTADOS UNIDOS Ciudades –Aeropuertos y Conexiones Ferroviarias:

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año (MM)	Tipo Enlace	Kms.	Operador
Chicago	Chicago O Hare	ORD	1943	66,63/12	Metro	29	CTA (Aut.Trans.Chic.)
		ORD			Suburbano	29no	METRA
	Chicago Midway	MDW	1927	19,2/12	Metro	16so	CTA (Aut.Trans.Chic.)
Gary (Indiana)	Gary-Chicago International.	GYG			Regional	36sse	NICTD.L.South Shore
Los Ángeles	Burbank-Bob Hope	BUR	1928	4,1/12	Suburbano	5no	Metrolink California
		BUR			Regional	20n	Amtrak Pacific Surfliner
	Long Beach (6ne)	LGB	1949	3,1/11	Bus a Estación	30s	s/d
	Los Angeles	LAX	1930	63,7/12	Bus a Estación	27	LAX World Airports
		LAX			Metro- L.verde	27so	ATM Los Angeles
	John Wayne-Orange County	SNA	1939		Bus a Estación	8-(51)	Bus + Metrolink CAL
LA-Hawthorne	Jack Northrop Field	HHH			Metro	16	LACMTA(ATM)
Los Angeles	Los Angeles Ontario Internat.	ONT	1923	4,55/11	Bus-Vans-Taxi	5e-(56)	No hay Op.Ferrov.
Miami	Fort Lauderdale-Hollywood	FLL	1939	23,6/12	Suburbano	5-(21)	Tri-Rail
	Miami-Dade	MIA	1928	38,3/11	Suburbano	13	Tri-Rail
	West Palm Beach	PBI	1936	5,72/11	Suburbano	5-(91)	Tri-Rail
Nueva York	Newark Liberty- New Jersey	EWG	1928	33,71/11	LRT	(3)-26	Airtrain Newark
		EWG			Regional	(3)-26	AMTRAK
		EWG			Suburbano	(3)-26	NJT(NewJersey Transit
	John Fitzgerald Kennedy	JFK	1948	47,7/11	LRT	21	Port Authority of NY-NJ
	(NewYork)	JFK			Metro	21	MTA Metro
		JFK			Suburbano	21	MTA Rail Road
	La Guardia.-Nueva York	LGA	1939	24,12/11	Bus a Estación	11	AMT de Nueva York
	Newburgh Stewart Intl.	SWF	1970	0,97/07	Bus a Estación	(3)-89	Port Authority of NY-NJ
	Long Island Mac Arthur-Islip	ISP	1942	1,89/09	Suburbano	(11)-75	MTA Rail Road
San Francisco	San Francisco-Oakland	OAK	1927	9,89/11	Bus a Estación	15-(19)	BART(BayAreaRapidTra.
	San José-Norman Y. Mineta	SJC	1965	8,36/11	Bus a Estación	5-(75)	VTA Bus
		SJC			Bus + LRT	5-(75)	VTA Bus
		SJC			Regional	5-(75)	Caltrain(Trenes California
	San Francisco	SFO	1927	39,98/11	Metro	23	BART- Línea Azul
Washington DC	Baltimore-Washington Int.	BWI	1950	22,7/12	Bus a Estación	16s	WMATA (ATM Washing
	Baltimore(Maryland)- Wash.Int.	BWI			LRT	52ne	MTA Baltimore(idem)
	Baltimore-Washington Int.	BWI			Suburbano		MARC (ATM Maryland)
	Baltimore-Washington Int.	BWI			Regional		AMTRAK
	Nacional Washington .Ronald .Reagan-(Virginia)	DCA	1941	18,8/11	Metro	5s	WMATA (ATM Washing
	Washington Dulles(Virginia)	IAD	1962	23,21/11	Bus a Estación	42o	Bus 5A+ Metrorail
	Manassas Regional (Virginia)	MNZ	1931		Regional	7-(48)	Virginia Railways Exp.

Elaboración propia

El país que en la actualidad, es la economía más importante del mundo, posee una Constitución federal y la principal fuente y antecedente de la Constitución de la República Argentina, con un Distrito Federal, Washington DC, que es una ciudad-estado, gobernada por un alcalde y no tiene dentro de su ejido, ningún aeropuerto, pues todos los que sirven a dicha ciudad se encuentran en la jurisdicción de los estados de Virginia (3) y el restante en el estado de Maryland.

Todos los aeropuertos están conectados por servicios de transporte públicos desde Buses enlazados a estaciones ferroviarias, LRT, Metros y Suburbanos, operados por las Autoridades Metropolitanas de Transporte de Washington o de Maryland o de Baltimore y el Regional por AMTRAK, la empresa ferroviaria del Estado Federal.

Las otras áreas metropolitanas incorporadas en la tabla: Chicago, Los Ángeles, Miami, Nueva York y San Francisco, tienen la misma tendencia respecto al tipo de enlace, de lo cual se deriva que no existen trenes de alta velocidad en red o dedicados como sucede en los países de Europa y Asia.

Una de las singularidades que se nota en Miami, es que los 3 aeropuertos considerados en esa área, están conectados por un mismo ferrocarril suburbano.

Tabla 10: FRANCIA: Aeropuertos de París y las Conexiones Ferroviarias:

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año (MM)	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
París	Paris Orly	ORY	1932	27-(11)	Bus a Estación	14se		SCNF.Denfert-Roucher.
París		ORY			Metro	14		RATP-Val Serv.-Anthony
París	Roissy Charles De Gaulle	CDG	1966	61/11	AV en Red	27ne		TGV-SCNF.-Fc.Frances.
París		CDG			AV en Red	27		Thalys
París		CDG			Suburbano	27		RER B-SCNF.-.
París	Beauvais-Tillé	BVA	1956	3,16/11	Bus a Estación	85n		

Elaboración propia

Se observa que el más moderno e importante Aeropuerto de París, el Charles De Gaulle, tiene 3 tipos de servicios de los cuales 2 son de Alta velocidad en Red, uno que opera los Fc. Estatales de Francia y el otro una empresa privada (Thalys).

Los 2 Aeropuertos principales, están conectados, con una sola combinación de andén a andén en la estación Antony del RER B, en sólo 75 minutos.-

Tabla 11: INDIA: Ciudades –Aeropuertos y Conexiones Ferroviarias:

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año (MM)	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Bangalore	Bangalore Devanahalli	BLR	2008	12,69/11	Suburbano	40-(4)	25	South Western Railway
Chennai	Meenambakkam-Madras	MAA	1954	13(11)	Suburbano	7-		Fc.Suburbanos de Chennai
Nueva Delhi	Indira Ghandi	DEL	1986	35,9/12	Metro	23	18	Metro de Delhi
Calcuta	Netaji Subhas Chandra Bose	CCU	1942	10,3/12	Bus +Suburbano	17		Bus a Est.(Fc.+Metro)

Elaboración propia

India, siendo el 2º país más poblado del mundo y tener al Aeropuerto de Mumbai (BOM) como uno de las más transitados de Asia, todavía no lo conectó con la amplia red ferroviaria que tiene dicho país,

Tabla 12: INDONESIA: Ciudades-Aeropuertos y Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año (MM)	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Medan	Medan Kuala Namu	KNO	2013		Regional	39		Pt Kereta Api-Fc Indonesia
Yogyakarta	Yakarta Soekarno-Hatta	CGK	1985	43,7/10	Regional	20		Pt Kereta Api

Elaboración propia

Es el 4º país con mayor población del mundo, después de China, India y Estados Unidos, y una gran cantidad de islas, razón por la cual el transporte aéreo cumple un rol integrador. Acaba de inaugurar el

25 de julio de 2013, el nuevo aeropuerto de Medan Kuala Namu a 39 Km. del area central, en reemplazo del viejo Aeropuerto de Polonia Medan (MES) con 85 años de existencia y sólo 2 kms. Del centro de la ciudad, que impedía cualquier tipo de expansión como haber sufrido varios accidentes, mientras que está próximo a cumplir sus primeros 20 años del Aeropuerto Internacional de Yakarta, capital del País.-.

Tabla 13: ITALIA: Aeropuertos de Roma y Milán y las Conexiones Ferroviarias:

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año (MM)	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Roma	Ciampino	CIA	1916	4,78/11	Bus a Estación	15se	35	Trenitalia
	Fiumicino.Leonardo Da Vinci	FCO	1956	37,65/11	AV exclusivo	33so	30	Trenitalia
		FCO			Suburbano	33	35	Trenitalia
Milan	Malpensa	MXP	1948	19,3/11	AV exclusivo	43no		Trenitalia
		MXP			Bus a Estación	43		Trenitalia
	Linate Enrico Forlanini	LIN	1930	9,13/11	Bus-Vans-Taxi	7e		No hay Op.Ferrov.
	Bergamo-Orio al Serio	BGY	1937	8,4/11	Bus a Estación	8-57ne		ATB Bus 1 + Trenitalia

Elaboración propia

Se mantiene la tendencia, que venimos observando hasta el presente, los aeropuertos metropolitanos e internacionales más importantes, son los más modernos y más alejados del área central, conectados por un ferrocarril expreso y/o suburbano y/o regional. En este caso con un operador único y de propiedad estatal.

Tabla 14: JAPON: Aeropuertos de Tokio y Osaka y las Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año (MM)	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Tokio	Haneda	HND	1931	66,8/12	Regional	16s		Keihin Express.Elec.Rail
	Haneda	HND			Suburbano	16	20	Tokyo Monorail
Tokio	Narita	NRT	1978	45/12	AV exclusivo	66e		Keisei Dentensu
	Narita	NRT			AV exclusivo	66	56	JR East: Narita Express
Tokio	Narita	NRT			Regional	66	110	KEER.-(Keikyu Line)
Tokio (Ominata)	Ibaraki	IBR	2010	0,860/11	Metro	80		Kanto Railways Ltd.
	Ibaraki	IBR			Suburbano	80		JR East:Jap.Railw.Este
Osaka	Itami	ITM	1959	14,19/10	Metro	14n		Metro de Osaka
Osaka	Kansai (Isla Bahía de Osaka)	KIX	1989	14,26/12	AV exclusivo	50so		JR West
	Kansai	KIX			Regional	50		Nankai
	Kansai	KIX			Regional	50		JR West
Osaka.Kobe	Kobe (Isla Bahía de Osaka)	UKB	2006		AGT+Suburb.		37	Kobe New Transit Co. Ltd

Elaboración propia

El aspecto singular que se da en Tokio, la metrópolis más poblada del mundo con 35 millones de habitantes, en la cual mantiene la tendencia general, pero le agrega algo nuevo: 2 ferrocarriles de alta velocidad dedicados o exclusivos, que son operados por distintas empresas, en el mismo Aeropuerto: Narita que es a los trenes de Alta Velocidad dedicados lo que son los Aeropuertos de Amsterdam Schipool, el de Dusseldorf en Alemania o el Charles de Gaulle de París.

El Aeropuerto de Ibaraki a 80 km del área central de Tokio, se encuentra en el proceso de instalarse en el mercado aerocomercial, como ya hemos visto con el Gary en Indiana para Chicago y el Manassas Regional en Virginia para Washington DC.

Otra característica en Japón, es la variedad de operadores ferroviarios en un mismo aeropuerto.

Tabla 15: MEXICO: Aeropuertos del DF y Estado de México y Conexiones Ferroviarias:

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
México D.F.	Benito Juárez Internacional	MEX	1931	29,15 MM/12	Metro L5+L1	10		Metro de México
Toluca-	Lic. Andres López Mateos	TLC			Bus-Vans-Taxi	16-(40)		No hay Op.Ferrov.

Elaboración propia.

México es el país con mayor población hispanoparlante del mundo, lo mismo que el Distrito Federal y la Zona metropolitana del valle de México, recién en el año 1969 comenzó a desarrollar su red de metro con la inauguración de su Línea 1. Al mes de octubre de 2012, ya posee 11 líneas con 221,9 kms.de extensión y 195 estaciones. En el año 1981, con la inauguración de la Línea 5, el Metro llegó al Aeropuerto Benito Juárez.

El otro aeropuerto está en Toluca de Lerdo, una ciudad mexicana, capital del estado de México, y cabecera del municipio de Toluca y es considerado como la primera opción para desahogar al de la Ciudad de México y se avanzando en la construcción de una la red de trenes rápidos y sustentables que unirá a Toluca con el DF y Santiago de Querétaro⁸.

Tabla 16: REINO UNIDO: Ciudades –Aeropuertos y Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Belfast	George Best Belfast City	BHD	1983	2,25/12	Bus a Estación	5e	15	Arriva Trains Wales
	Belfast/Aldergrove International	BES	1917	4,1/11	Suburbano	21o		Artrim Airail Link
Glasgow	Glasgow International	GLA	1966	7,15	Bus a Estacion	14		First Scot Rail
	Glasgow Prestwick	PIK	1935	1,3	Suburbano	46		First Scot Rail
Londres	Londres Gatwick	LGW	1930	34,2/12	Regional	44s		Southern Railway
		LGW			Suburbano	44		First Capital Connect
		LGW			Suburbano	40		Southern Railway
		LGW			AV exclusivo	44	30	Gatwick Express
	Heathrow	LHR	1930	70/12	Metro	25o	50	LUL(Lond.Underg.Lin)
		LHR			AV exclusivo	25	15	Heathrow Express
		LHR			Suburbano	25	25	Heathrow Conect
	London City	LCY	1987	3(11)	LRT	10		DLR(Dockl.Light Rail)
	Londres Stansted	STN	1943	17,47/11	Regional	55ne	53	Greater Anglia
		STN			AV exclusivo	55	47	Stansted Express
	Londres Luton	LTN	1938	9,51/11	Suburbano	5e		First Capital Connect
		LTN			Regional	50ne		East Midlands Trains
	London Southend	SEN	1947	0,616/12	Suburb-Region.	58e	5-78	Greater Anglia

Elaboración propia

En los casos de Belfast, capital de Irlanda del Norte y Glasgow, capital de Escocia, y Londres, capital de Inglaterra y del Reino Unido, son las únicas excepciones a la tendencia descripta anteriormente: los nuevos aeropuertos han sido instalados más cerca de las áreas centrales, aunque sólo conectadas con el nivel más bajo de la misma con buses a la estación ferroviaria más cercana.

El Reino Unido, es el país del T-20 cuya área metropolitana que contiene a la ciudad capital, es la que

⁸ Aeropuerto de Toluca en la Zona Metropolitana del Valle de México:
http://es.wikipedia.org/wiki/Toluca_de_Lerdo

tiene la mayor cantidad de aeropuertos, dentro de la misma: seis (6) y trece (13) enlaces ferroviarios con los mismos y la distancia oscila desde el más cercano, el London City hasta el más lejano, el Londres Southend, junto con la cantidad de operadores ferroviarios.

Los únicos tipos de enlaces que no posee Londres, son los extremos de los señalados en este trabajo, los buses a una estación ferroviaria y un Alta Velocidad en Red.-

Tabla 17: RUSIA : Los 3 Aeropuertos de Moscú y sus Conexiones Ferroviarias:

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Moscu	Domodedovo	DME	1965	28 (12)	AV exclusivo	34s	40	Aeroexpreso(Pavlevskaya).
	Domodedovo	DME			Suburbano	34	60	Fc. de Moscú
	Sheremetyevo	SVO	1959	26,19/12	AV exclusivo	29no	35	Aeroexpreso(Beloruskaya).
	Vnukovo	VKO	1941	9,1/12	AV exclusivo	28so	35	Aeroexpreso(Kievskaya)

Elaboración Propia

Los trenes aeroexpresos, de los 3 aeropuertos llegan a estaciones del metro de Moscú, de las Líneas 2, 3 y la 5 que es la circular de la Red.

Tabla 18: SUDAFRICA: Aeropuerto de Johannesburgo y su Conexión Ferroviaria

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Johannesburgo	Johantan Oliver R. Tambo	JNB	1952	19-(11)	Regional	26		Gautrain

Elaboración propia

Desde el año 2011, el Aeropuerto Internacional y de cabotaje, mediante los trenes Gautrain, está conectado con las líneas ferroviarias a Johannesburgo y Pretoria.

Tabla 19: TURQUIA: Aeropuertos de Estambul e Izmir y sus Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Estambul	Atartuk	IST	1924	45-(12)	Metro	28		Istanbul Ulasim Metro
	Sabiha Gocken	SWA	2001	14,5/12	Bus E3 + Metro 2	45ese	100	
Izmir	Izmir Adnan Menderes	ADB	1987	9,36/12	Suburbano	18		TCDD (Fc.de Turquía)

Elaboración propia

Los 2 aeropuertos internacionales del área metropolitana de Estambul, uno de ellos del lado europeo (Atartuk) y el Sabiha Gocken en el lado asiático, que es más moderno y que ha crecido notablemente en la cantidad de pasajeros de las líneas aéreas low cost.

Tabla 20: ESPAÑA: Aeropuerto de Madrid y sus Conexiones Ferroviarias

Ciudad	Aeropuerto	IATA	Año-Inicio	Pax/Año	Tipo Enlace	Kms.	Tiempo	Operador Ferroviario
Madrid	Barajas	MAD	1931	45,2/12	Metro	12ne		Metro Madrid
	Barajas	MAD			Suburbano	12	22	RENFE C1
	Barajas	MAD			Bus a Estación	12		ConsorcioTransporteMAD

Elaboración propia

Esta tabla muestra que no es incompatible, la relativamente corta distancia del único Aeropuerto del área metropolitana de Madrid con el centro de la misma y la cantidad y calidad de los enlaces rápidos hacia el área central y estaciones hub del sistema ferroviario regional y nacional.

CONCLUSIONES

En este documento, ha quedado demostrado que:

- 1.- En 41 países del mundo (21,24 % de los miembros de la ONU), existen 155 Ciudades y en éstas 178 Aeropuertos conectados con 288 tipos de enlaces ferroviarios con sus áreas centrales.
- 2.- De las 155 Ciudades, existen 89 (57,42%) que tienen 1 sólo aeropuerto (51,44% del total) con 1 sólo servicio de conectividad ferroviaria, (30,09%).
- 3.- Existen 30 Ciudades con más de 2 Aeropuertos en su área de influencia conectados ferroviariamente al área central de las mismas y en varios casos conectados entre sí.
- 4.- Dicha conectividad o enlace de Aeropuertos mediante transporte guiado sobre rieles (Air Rail Link) van desde el más sencillo Bus a una estación ferroviaria o de un Metro hasta los trenes de Alta Velocidad en Red o el sofisticado Maglev, en los cuales sobresalen nítidamente los transportes ferroviarios o guiados sobre rieles urbanos(LRT, Metros y subterráneos, Suburbanos y Regionales), que constituyen el 74,72% de los 288 enlaces hallados.
- 5.- La tendencia mayoritaria de las Ciudades con más de un (1) Aeropuerto, es mantener el primero de ellos, con una actividad más reducida y construir el segundo y más moderno, a mayor distancia que se la compensa con trenes de mayor velocidad,.
- 6.- La República Argentina y el Reino de Arabia Saudita, son los únicos países integrantes del Grupo G.20, que en la actualidad, no tienen ningún aeropuerto conectado al área central o la región o hinterland del mismo, con algún tipo de Air Rail Link.
- 7.- El Reino de Arabia Saudita, se encuentra en plena etapa de construcción de un ferrocarril de Alta Velocidad en Red, en el cual los constructores de la infraestructura de vías y los proveedores del material rodante, son un consorcio de empresas españolas y saudíes.
- 8.- En el corto plazo, Brasil entrará en el pequeño núcleo de países con Estaciones ferroviarias en 3 de sus Aeropuertos conectados a una Red ferroviaria de Alta Velocidad.
- 9.- Los países y ciudades que no integran el 21, 24% señalado en el punto 1, los pasajeros del transporte aéreo sólo acceden a sus aeropuertos por las diferentes modalidades del transporte automotor público, semipúblico y privado.-
- 10.- Un transporte aéreo sostenible debe bregar o estimular y promover la conectividad con un transporte terrestre sostenible, que implica dejar de depender exclusivamente del transporte automotor ya sea privado o público ó semipúblico.-
- 11.- La República Argentina en general y Buenos Aires en especial, como su única Metrópolis y Ciudad Global, podría ingresar en el corto plazo al listado de países que tienen a algunos Aeropuertos conectados mediante infraestructura y servicios ferroviarios al área central y entre ellos mismos. La explicitación de esta posibilidad, amerita otro documento.
- 12.- Hemos perdido muchos trenes y vuelos en nuestra historia reciente, para no seguir con esa tendencia, hay que pensar en grande y actuar con grandeza.

REFERENCIAS

Argentina, Ministerio de Turismo, Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable 2020.-

Franca, Hélio Mauro: Proyecto TAV. Rio de Janeiro-San Pablo-Campiñas Seminario de Infraestructura de Transporte- Junio 2012, San Pablo, Brasil.-
<http://www.spainbusiness.pt/icex/cma/contentTypes/common/records/mostrarDocumento/?doc=4595737>

Garrido, Mariano, Proyecto MEDINA-MECA,. <http://www.ptferroviaria.es/Portals/0/PTFE/PTFE-Documents/Mariano-Garrido.pdf.->

Guía Mundial de Aeropuertos: www.aeropuertosdelmundo.com.ar

International Air Rail Organisation.- www.iaro.org

Airports Railways of the world: http://www.airportrailwaysoftheworld.com/arc_es.shtml?langtype=es

Schwandl Robert: www.urbanrail.net

Sitio web: toandfromairport

Vuchic, Vukan R., Transportation for Livable Cities, Center for Urban Policy Research, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, Estados Unidos de América, 1999

Vuchic, Vukan R, Urban Transit Systems and Technology, John Willey & Sons, Hoboken, New Jersey, Estados Unidos de América ,2007.

AEROPUERTOS Y CONEXIONES FERROVIARIAS

El caso Buenos Aires

C. L. Farberoff

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás

Abogado- Especialista en Transporte.

Espora 61, Ramos Mejía, (B1704FAA), Buenos Aires, Argentina

transporteyturismo@ymail.com

RESUMEN

La competitividad económica y la calidad de vida de los habitantes y del turismo receptivo nacional e internacional de la ciudad global o megaciudad de Buenos Aires, padecen la falta de conexiones ferroviarias con los 2 Aeropuertos que tiene vuelos regulares de pasajeros nacionales, regionales e internacionales. Por esta razón se presentan propuestas superadoras de dicha carencia para los Aeropuertos de Ezeiza y Aeroparque.

PALABRAS CLAVES: Buenos Aires, Enlace ferroviario aeropuertos, Megaciudad

ABSTRACTS

Economic competitiveness and quality of life for residents and domestic and inbound tourism international global city or megacity of Buenos Aires, suffer from lack of railway connections with the 2 airports that have scheduled passenger flights domestic, regional and international. For this reason overcome presents proposals for such a lack of Ezeiza and Aeroparque airports.

KEYS WORDS: Buenos Aires, Airports rail link, Megacity.

INTRODUCCION

A los efectos de resolver la problemática planteada, en primer lugar introduciré las conclusiones pertinentes, extraídas del documento Aeropuertos y Conexiones Ferroviarias. Las experiencias internacionales, presentadas en éste IV Congreso de la RIDITA

Luego aportaré los datos más sintéticos del Territorio de la Megaciudad de Buenos Aires como los desafíos de estos conglomerados en el mundo.

Presentaré estudios y opiniones sobre la Megaciudad de Buenos Aires y el transporte aéreo en la misma por parte de Planificadores Urbanos e Ingenieros del Transporte.

Se aportarán las líneas básicas de las principales propuestas de conectar a los Aeropuertos entre sí y cada uno de ellos con el Área Central, para finalizar con las conclusiones del documento.

DESARROLLO

Las experiencias internacionales muestran que en 41 países del mundo (21,24 % de los miembros de la ONU), existen 155 Ciudades y en éstas 178 Aeropuertos conectado con 288 tipos de enlaces ferroviarios con sus áreas centrales.

De las 155 Ciudades, existen 89 (57,42%) que tienen 1 sólo aeropuerto (51,44% del total) con 1 sólo servicio de conectividad ferroviaria, (30,09%), mientras que 30 Ciudades con más de 2 Aeropuertos en su área de influencia que están conectados ferroviariamente al área central de las mismas y en varios casos conectados entre sí.

Dicha conectividad o enlace de Aeropuertos mediante transporte guiado sobre rieles (Air Rail Link) van desde el más sencillo Bus a una estación ferroviaria o de un Metro hasta los trenes de Alta Velocidad en Red o el sofisticado Maglev.

Sobresalen nítidamente los transportes ferroviarios o guiados sobre rieles urbanos, con un 23,96% de LRT y Metros y un mayoritario 50, 70 % de Suburbanos y Regionales, que constituyen el 74,67% de los 288 enlaces hallados.

En los países que no integran el 21, 24% señalado anteriormente, los pasajeros del transporte aéreo llegan y salen de sus aeropuertos por las diferentes modalidades del transporte automotor público, semipúblico y privado, que es el más extendido, pero a su vez, es el menos sustentable para las sociedades y el medio ambiente, razón por la cual un transporte aéreo sostenible debe bregar o estimular y promover la conectividad con una modalidad de transporte más amigable con el medio ambiente que implicaría dejar de depender exclusivamente del transporte automotor.

BUENOS AIRES, la Megaciudad Global en el Cono Sur de AMERICA.

En este documento, consideramos a Buenos Aires, como la ciudad global ó área metropolitana ó metrópolis ó megaciudad, indistintamente, como el territorio bajo la jurisdicción de todos los gobiernos locales definidos en el art.2° de la Ley 25.031¹, con una mínima modificación, que no genera ningún efecto sobre alguna persona, y consiste en retirar al Municipio de Punta Indio y reemplazarlo con el Municipio de Magdalena, en el corredor sudeste y por otra parte incorporar al Municipio de Navarro, en el corredor sudoeste, quedando una **Superficie de 18.391 km²**; una población de **14.974.837 habitantes** y una **densidad de 814,2 hab./km²**, comprendiendo la **totalidad de las tres(3) coronas y parcialmente la 4ª**, con una distancia radial promedio de 99,4 km y 81 minutos de viaje en auto sin congestión.

Esta área, posee una red de ferrocarriles suburbanos de 883 Km. de extensión y 260 estaciones, con tres trochas ferroviarias: i) Trocha 1000 mm, conocida como la trocha angosta o trocha métrica, que la tienen los Fc. Belgrano Norte y Belgrano Sur, ambos con tracción diesel; ii) Trocha 1435 mm, la de menor longitud y estaciones, también conocida como la trocha media o standard que equipa al Fc. Urquiza y a todas líneas del subterráneo o metro y el Premetro de Buenos Aires, más el Tren de La Costa y el Tren del Este; iii) Trocha 1676 mm: conocida como la trocha ancha. Es la que posee la mayor extensión o mayor longitud en el área y se encuentra en los Fc. Gral. Roca; Gral. San Martín; Sarmiento; Bartolomé Mitre.

¹ ARGENTINA, Ley 25.031/1998.-ENTE COORDINADOR DEL TRANSPORTE METROPOLITANO(ECOTAM).- Artículo 2° -El área metropolitana de Buenos Aires, comprende el territorio de la Capital Federal -o la designación que en el futuro la autoridad competente le diera a dicha jurisdicción- y los siguientes partidos de la provincia de Buenos Aires: Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Berisso, Brandsen, Campana, Cañuelas, Ensenada, Escobar, Esteban Echeverría, Exaltación de la Cruz, Ezeiza, Florencio Varela, General Las Heras, General Rodríguez, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, La Matanza, Lanús, La Plata, Lomas de Zamora, Lobos, Luján, Marcos Paz, Malvinas Argentinas, Mercedes, Moreno, Merlo, Morón, Pilar, Punta Indio, Presidente Perón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Miguel, San Vicente, Tigre, Tres de Febrero, Vicente López, Zárate y los que en el futuro deban ser incluidos como consecuencia del desarrollo urbano cuando las relaciones funcionales del área así lo requieran.

La infraestructura ferroviaria subterránea, en la cual circula el subte o metro de Buenos Aires, tiene una extensión 51,9 km. (medida entre las estaciones cabeceras de cada línea) y 83 estaciones. Mientras que el Tranvía ó Premetro, tiene una extensión de 7,60 km. Y 15 estaciones.

Desde el punto de vista institucional, el área comprendida en el párrafo anterior, comprende un total de cuarenta y cinco (45) gobiernos locales, de los cuales uno (1) es una ciudad-estado como Berlín, Viena en Europa y Washington D.C o México DF en América, en este caso, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y 44 Municipios equivalentes a los de Brasil, México y los Condados en los EEUU, que se encuentran dentro del territorio del estado o provincia de Buenos Aires, la que tiene la mayor población, superficie y aportes al PBI nacional de la República Argentina.

EL DESAFIO DE LAS MEGACIUDADES y EL TRANSPORTE.

El Desafío de las Megaciudades y una perspectiva de líderes y expertos² fue un proyecto de investigación realizado por GlobeScan -MRC McLean Hazel, patrocinado por Siemens AG, que nos brinda un panorama muy productivo sobre los grandes desafíos de las Megaciudades.

Este informe estudió *“desafíos de infraestructura y tendencias de gobierno en 25 Megaciudades ... del mundo. Abarcó cinco sectores críticos de infraestructura: transporte, agua, electricidad, salud, y protección y seguridad. La encuesta fue conducida por GlobeScan, ...sobre los 522 informantes claves en las mismas, incluyeron cuatro grupos de interés: líderes políticos electos (funcionarios electos):100(19%); empleados de la municipalidad (empleados):184(35%); proveedores de infraestructura del sector privado, gerentes de compañías de construcción y financistas(privados): 108(21%); y personas que están en roles que influyen en la toma de decisiones sobre infraestructura e instrumentadores como líderes de opinión, académicos, Organizaciones No Gubernamentales y medios de comunicación (líderes de opinión): 130(25%). Sesenta y nueve por ciento (69%) de los encuestados tiene por lo menos diez años de experiencia en infraestructura urbana.*

MRC McLean Hazel realizó un análisis de los sectores críticos de infraestructura en ocho de las 25 ciudades cubiertas por este reporte. Las Megaciudades estudiadas fueron: Estambul, Turquía; Lagos, Nigeria; Londres, Inglaterra; Moscú, Rusia; Bombay, India; Nueva York, Estados Unidos; Shanghai, China; y São Paulo, Brasil. Este proyecto se basó exclusivamente en fuentes de datos secundarias (Por ejemplo, estudios existentes y series de datos).

La metodología enunciada, generaron las siguientes conclusiones: 1.-Las Megaciudades priorizan la competitividad económica y el empleo; 2.-Los asuntos de medio ambiente podrían ser sacrificados por el crecimiento; 3.-**El transporte rebasa todas las otras preocupaciones de infraestructura;** 4.-Mejor gobernabilidad es un paso vital hacia mejores ciudades; 5.- Soluciones integrales son deseables, pero difíciles de alcanzar; 6.-Las ciudades buscarán mejorar sus servicios, pero podrían hacer más para manejar la demanda; 7.- La tecnología ayudará a brindar transparencia y eficiencia; 8.-El sector privado tiene un papel que jugar en el incremento de la eficiencia³

El transporte supera a todas las demás opciones en infraestructuras

“El transporte emerge por amplio margen como el mayor desafío de infraestructura de una megaciudad” y... creen que tiene el mayor impacto sobre la competitividad de una ciudad....emergiendo “como la principal prioridad para la inversión”.

En el capítulo específico del sector Transporte de la investigación, que les permitió llegar al siguiente resumen. I) *El transporte es visto de lejos como el mayor desafío individual de infraestructura, y como factor clave en la competitividad de la ciudad;* II) *Al considerar la contaminación del aire y la congestión de tráfico como los dos mayores desafíos ambientales , los interesados predicen un fuerte énfasis en soluciones de transporte masivo;* III) **Las ciudades se inclinan más por mejorar e**

² GLOBE SCAN y MRC McLean Hazel, Desafío de las Megaciudades. Una perspectiva de líderes y expertos, Ed. Siemens AG, Múnich, 2007

³ Ídem p.4

incrementar la infraestructura existente, que desarrollar nuevos sistemas; IV) La gestión de la demanda fue rara vez mencionada como estrategia principal para atender los problemas de transporte de las ciudades

“Si las Megaciudades son los motores de la economía global, es la red de transporte lo que mantiene a estos motores trabajando en forma eficiente.”; que se manifiesta claramente en la cantidad de aeropuertos x megaciudad y la cantidad de conexiones ferroviarias dentro de cada aeropuerto con su área central, para lo cual se presentan los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 1: MEGACIUDADES: Aeropuertos y Conexiones Ferroviarias

Ord.	Ciudad	Población 2015-MM	Área km 2	Densidad hab/km2	% PBI	Aeropuertos	Enlaces Ferroviarios
1	Tokio	36,2	13100	2.763	40	3	7
2	Seul-Incheon	24,7	4400	5.614	50	2	6
3	Nueva York	22,8	10768	2.117	< 10	5	9
4	Bombay	22,6	4350	5.195	15	1	0
5	Delhi	20,9	1500	13.933	< 5	1	1
6	Ciudad de México	20,6	4600	4.478	40	1	1
7	San Pablo	20	4800	4.167	25	2	0
8	Dhaka	17,9	1500	11.933	60	2	0
9	Los Ángeles	17,6	14000	1.257	< 10	6	7
10	Yakarta	17,5	1600	10.938	30	1	1
11	Lagos	17	1100	15.455	30	1	0
12	Calcuta	16,8	1400	12.000	< 10	1	1
13	Karachi	16,2	1200	13.500	20	1	0
14	Buenos Aires	14,6	3900	3.744	45	2	0
15	Manila-Quezon	13,9	2200	6.318	30	1	1
16	El Cairo	13,1	1400	9.357	50	1	0
17	Shanghái	12,7	1600	7.938	< 10	2	3
18	Rio de Janeiro	12,4	2400	5.167	15	2	0
19	Estambul	11,3	2650	4.264	25	2	2
20	Área Ruhr	11,1	9800	1.133	15	2	7
21	Beijing	11,1	1400	7.929	< 5	1	1
22	Moscú	10,9	1100	9.909	20	3	4
23	Paris	10	2600	3.846	30	3	6
24	Chicago	10	8000	1.250	< 5	3	4
25	Londres	7,6	1600	4.750	15	6	13
Elaboración Propia: Fuente Desafíos Megaciudades.-pag.9						55	74

¿Cuándo inauguren el futuro TAV⁴ de Brasil, que tendrá sus estaciones en los aeropuertos del Galeao en Río de Janeiro y Guarulhos en San Pablo, Buenos Aires seguirá manteniendo el valor cero (0) de conexiones ferroviarias con sus aeropuertos como lo tiene Karachi en Pakistán y Lagos en Nigeria?

La segunda ciudad global del mundo de habla hispana, después de la Ciudad de México, la 4ª de América y 14ª en el globo terráqueo, tiene alguna limitación o dificultad insalvable que le impide

⁴ TAV: Tren de Alta Velocidad en Red, que unirá las áreas metropolitanas de Río de Janeiro-San Pablo y Campiñas, de 510 Km. de extensión y 8 estaciones.

contar con dicha facilidad de conectividad? ¿Qué dicen los expertos planificadores urbanos e ingenieros del transporte de Buenos Aires?

LINEAMIENTOS DE LA REGION METROPOLITANA DE BUENOS AIRES (LRMBA)⁵

Teniendo en cuenta que: *La elaboración de estos Lineamientos Estratégicos para el Área Metropolitana de Buenos Aires surge de un convenio entre las Subsecretarías de Planeamiento y Urbanismo y Vivienda del Gobierno Autónomo y de la Provincia de Buenos Aires. Este acuerdo fue apoyado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que a través del convenio ATN/SI 9648-R, permitió la contratación de expertos internacionales, y el desarrollo de otras actividades de difusión de los resultados.*⁶

El documento denominado MODELO DESEADO para la Región Metropolitana de Buenos Aires en el marco del Plan Estratégico Territorial del Ministerio de Infraestructura del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, en la descripción de los 12 ejes del plan de acción que propone, no aparece expresado ni mencionado en todo el documento, el rol de la infraestructura aeroportuaria y ferroviaria y por el contrario todo el modelo se basa en la promoción de lo vial y lo portuario, tanto en el texto como en las imágenes.

Encontramos una síntesis que valida el párrafo anterior, en la p.357 de los LRMBA: *“Sintetizando las propuestas, con relación al tema del **puerto** desde la Provincia proponemos la creación de un **puerto nuevo aguas abajo**. La vialidad refuerza las **vialidades concéntricas** y en relación al **transporte**, la recuperación de los ferrocarriles y el boleto único como forma de democratización del mismo”.*

*“El tema del aeropuerto no está explícitamente tratado desde la Provincia, pero destacamos la falta de integración de este equipamiento con el sistema de transportes públicos metropolitanos y la necesidad de estudiar y resolver medios para una correcta vinculación con el mismo. (sic)”*⁷. A confesión de parte, relevo de prueba. La provincia o estado de Buenos Aires, que tiene en su territorio, al aeropuerto, que en el año de su construcción era el más moderno, el más grande y el más ecológico del mundo, por el cultivo de árboles, que hoy constituyen los bosques de Ezeiza, no lo trata ni le interesa el tema de la carga aérea ni el Hub de entrada del Turismo Internacional a la Argentina.

La mención que expresa la falta de integración del aeropuerto con los transportes públicos metropolitanos, es errónea pues existen los buses, taxis y remises. Lo inexistente o la no conectividad es la modalidad ferroviaria o guiado sobre rieles.

Así con la opinión y posturas de los planificadores urbanos, seguiremos en el equipo de Karachi y Lagos. Veremos que dicen sus pares de la ingeniería del transporte.-

INSTITUTO DE TRANSPORTE -ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERIA (ANI)⁸

Un documento más reciente y con el cual se coincide en los párrafos iniciales de la introducción y objetivos del estudio estratégico preliminar de *El Instituto de Transporte de la Academia Nacional de Ingeniería* que se propuso el estudio del problema de los accesos en la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) dentro de su programa de estudios para 2011. Los temas a tratar comprendían: i) Saturación de accesos viales y sus paliativos; ii) Tramos faltantes críticos de conexión de la red de autopistas y iii) Soluciones eficientes mediante transporte masivo ferroviario.

⁵ GOBIERNO de BUENOS AIRES, Subsecretaría de Urbanismo y Vivienda, Garay, Alfredo. Coord. Lineamientos Estratégicos para la Región Metropolitana de Buenos Aires, 2007, La Plata, Argentina

⁶ Nota 5, p.397.-

⁷ Nota 5. p.357

⁸ ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERIA, Instituto del Transporte. Documento 2. Estudio Estratégico Preliminar. Accesos a la Región Metropolitana de Buenos Aires. El Transporte Ferroviario y los Subterráneos. Octubre 2011, Buenos Aires.

La congestión en los accesos viales a la Ciudad de Buenos Aires ha adquirido una gravedad extrema, difícil de encontrar en otras grandes urbes del mundo. La congestión (nivel de servicio F según el Manual de Capacidad de Caminos del Transportation Research Board) ya es alcanzada en todos los accesos principales, durante dos a tres horas diarias en cada sentido en días hábiles, y en el retorno hacia el centro en días festivos. Las razones son claras. El parque automotor en la Región Metropolitana ha crecido a un ritmo superior al 10% anual en los últimos ocho años, sin que haya habido ampliaciones significativas de capacidad ni incorporación de nuevas autopistas. Además, el desarrollo residencial de familias de medios y altos ingresos, se ha desplazado fuertemente a zonas periféricas, sin que haya sido acompañado de un movimiento de similar intensidad de oficinas y actividades laborales. (ANI, p.12)

A diferencia de lo ocurrido en grandes ciudades de países desarrollados, el transporte masivo ferroviario, en superficie o subterráneo, no ha cumplido en Buenos Aires la función de absorber la mayor demanda de viajes. (ANI, p.12)

Este estudio preliminar se enfoca en la participación ferroviaria, es decir las líneas suburbanas de trenes, el subterráneo y la idea del RER (Red Expreso Regional). Actualmente la idea predominante es transferir personas que suelen utilizar el automóvil, hacia el ferrocarril a fin de reducir la congestión vial y mejorar el cuidado del medio ambiente (lo que no parece haber sido una prioridad durante los últimos años). La meta es transformar el sistema ferroviario en la verdadera columna vertebral del sistema de transporte público de pasajeros de la Región. (ANI, p.14), ya que la participación modal de la demanda en el año 2008 en la RMBA, el 90 % es por vehículos automotores (buses, taxis, chárter, combis, remixes, autos privados) y sólo el 10% en transporte guiado sobre rieles (Suburbanos y subterráneos o metros). En el caso de los Aeropuertos de Buenos Aires, es 100% automotor 0% transporte guiado sobre rieles.

Esta coincidencia inicial en los diagnósticos se bifurca y se diferencia respecto a las propuestas y soluciones.

La palabra aeropuerto dentro de todo el documento de 101 páginas, aparece tan sólo mencionado en 2 oportunidades, dentro de un mismo párrafo y con una solución muy parcial y en el largo plazo para el Aeropuerto de Ezeiza, condicionada a una supuesta demanda insatisfecha, que implica seguir alimentando la modalidad automotor. (ANI: 58)

La propuesta en materia de la ampliación de los subterráneos o Underground de Buenos Aires, es referirse a la ley 670 y un solo proyecto dentro de la misma, el proyecto PIDESBA (Plan Integral de Desarrollo de los Subterráneos de Buenos Aires), silenciando deliberadamente al proyecto REDDES⁹ incorporado plenamente a dicha Ley.

Respecto a los ferrocarriles suburbanos, retornan la promoción de los RER franceses del Estudio Preliminar de Transporte de la Región Metropolitana (EPTRM) de 1969-1972, para los ferrocarriles de trocha ancha o 1676 mm. (Roca-San Martín) y (Sarmiento-Mitre), las Líneas 1 y 2, junto con la mención que esa idea se desarrolló en un documento del Arq. Martín Blas Orduña (ANI, 56)

La incorporación de una Línea 3 de trocha angosta, interconectando los Fc. Belgrano Norte y Belgrano Sur, es bienvenida en el documento de la ANI como en el año 2010 en el PETERS¹⁰, que consolida el impulso y promoción del concepto de los RER parisinos para la conexión de estos ferrocarriles, que fueron incorporados a la agenda del transporte metropolitano, por primera vez, en el mes de marzo de 2001, en una nota periodística del Suplemento M2 de Arquitectura¹¹ del diario Página 12 de Buenos

⁹ Legislatura Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Vt49-2001 del 08/11/2001.- Tratamiento Despacho 1155.-Aprobación ley 670.-Ampliación Red de Subterráneos. Ver: <http://www.legislatura.gov.ar/vt.php>

¹⁰ PETERS: Plan Estratégico y Técnico de Expansión de la Red de Subtes, http://cleanairinstitute.org/download/rosario/gp4_1_04_roberto_agosta.pdf

¹¹ Farberoff, Ceferino L. *El proyecto de mudar el Aeroparque a Ezeiza*, Suplemento M2 de Arquitectura, Diario Página 12, 10/03/2001, Buenos Aires, Argentina.

Aires, con motivo del debate en torno al traslado del Aeroparque al Aeropuerto de Ezeiza” *Con el modo ferroviario, hay que desarrollar un subsistema integrado que comprenda, todas las trazas electrificadas de los ferrocarriles Belgrano Sur y Belgrano Norte, a través de la línea subterránea F, entre la Facultad de Derecho de la UBA y el Parque Fray Luis Beltrán, con un ramal accesorio a la terminal Constitución y un tren de velocidad alta (140-160 Km/h) desde la terminal Estación Buenos Aires (la Retiro del siglo XXI) hasta el Aeropuerto de Ezeiza, con sólo 2 paradas intermedias (Lugano Soldati y Cruce Mercado Central). Este subsistema, uniría la zona norte, el área central y la zona sur de la Ciudad Autónoma y el Aeropuerto de Ezeiza”*

En la Audiencia Pública del 14/08/2001 convocada para el tratamiento de la Ley que autorizara la construcción de nuevas líneas de subterráneos en la cual el proyecto REDDES participó activamente y que veremos más adelante, se volvió a dejar sentado el tema en la exposición, que se volcó a la versión taquigráfica de dicha Audiencia.

Que los Fc. Belgranos se transformen en una Línea RER en el año 2001, seguía siendo resistida, incluso por el Arq. Orduna¹², como los coordinadores del Proyecto PIDESBA.

Para muestra un botón: En el despacho 1155 de la Versión Taquigráfica del tratamiento de la ley 670, el oficialismo se expresó sobre el tema: “Sobre el proyecto REDDES:..... *El supuesto básico es que una red de expreso regional estaría formada principalmente por las líneas Belgrano Norte y Belgrano Sur, unidas a través de las líneas H e I (ambas modificadas, ya que por ellas circularían también trenes ferroviarios)*(error: son la H y la F). *Las líneas del Belgrano Norte y del Belgrano Sur son, junto con el Urquiza, las que menos cantidad de pasajeros transportan en el AMBA, aunque el Belgrano Sur se encuentra entre las de mayor crecimiento. Tanto el Belgrano Norte como el Belgrano Sur se caracterizan por atravesar localidades secundarias dentro del sistema de centros y subcentros metropolitanos (no pasan, por ejemplo, por las cabeceras de los partidos, excepto el Belgrano Norte en Los Polvorines)(sic).*¹³

El Legislador Eduardo Valdés fue muy elocuente en su exposición, reafirmando el concepto RER de los Fc. Belgrano y la sinergia con la construcción de la futura Línea F de subterráneos:

“*Con respecto a la Línea F, que a mi entender es quizás la de mayor conectividad, quiero plantear que el oficialismo (PIDESBA) la lleva desde Plaza Italia por avenida Las Heras y Callao. Va por todo Callao, Entre Ríos, y cuando llega a Garay, dobla hacia Constitución. Lo que vemos en rojo es la Línea F que nosotros proponemos, (REdDES) que en lugar de nacer en Plaza Italia y Avenida Las Heras, la conectamos con la Línea H. Por eso, la hacemos nacer en la Facultad de Derecho –porque pensamos en aquel sueño que tenemos de que en el 2006 se van a electrificar los ferrocarriles: el Ferrocarril Belgrano Norte tiene convenio firmado y en el año 2006 debe electrificarse entrando en la red que vamos a plantear–, y llegaría a las vías del Ferrocarril Belgrano Sur, en la zona sur; y, tranquilamente, podría conectarse Aeroparque y Ezeiza en un mismo viaje, porque el Belgrano Sur llegaría hasta La Matanza, a la estación (del aeropuerto de) Ezeiza, en el Partido de Ezeiza.*”¹⁴

Conclusión: Tardaron 40 años en reconocerlo y 10 años después que los autores del proyecto REDDES. Nunca es tarde, cuando la dicha es buena, lástima que el ANI o el PETERS no se hayan sumado a la difusión del extraordinario avance que significaría la conexión de los Aeropuertos. En el próximo capítulo se verán un par de imágenes sobre el tema.-

LOS AERONAUTICOS.-

Partimos desde una historia sistémica y coherente de la NO CONECTIVIDAD. Lo describe en forma clara y concreta en el punto 5.1.2: Historia del subsistema Aeroparque-Ezeiza, de su tesis doctoral el Dr. Gustavo Lipovich¹⁵, que lo podría resumir que detrás de las palabras escritas, surge con nitidez la

¹² Orduna, Martín B. Director de la Comisión de Tránsito y Transporte de la Legislatura de la Ciudad Autónoma-2001

¹³ Ídem Nota 9.- Pag. 136.

¹⁴ Ídem Nota 13.-Pags.191:192

¹⁵ Lipovich, Gustavo A., *Los Aeropuertos de Buenos Aires y su relación con el espacio metropolitano*, Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina, mayo 2010.

cosmovisión y diferencias de dos voluntades políticas y estratégicas para la Nación Argentina y su inserción en el mundo.

El aeropuerto de Ezeiza inmerso en la Visión Argentina 1950¹⁶, era uno de los instrumentos para afianzar y consolidar la ubicación n° 12 en el ranking de países receptores del turismo mundial, al haber captado el 0,57% del total de ese año, como lo describe la Figura 1.11.-Primeros destinos mundiales, en la pag.26 del libro Introducción al Turismo de la OMT¹⁷. Con el derrocamiento del gobierno constitucional en el año 1955, comenzó a la caída en picada del vuelo de la Argentina, que en el mes de diciembre de 2001, estuvo a centímetros de estrellarse como el vuelo 2553 de Austral en Fray Bentos, Uruguay.

La mentalidad de la Argentina pequeña, del vuelo corto, bajo y a ras del suelo, hacía surgir *“Este nuevo aeropuerto se llamaría Aeroparque 17 de Octubre (hoy Jorge Newbery) y estaría catalogado como aeropuerto deportivo y auxiliar. Sin lugar a dudas, el Aeroparque era un aeropuerto que ocupó una superficie bastante menor a la de Ezeiza, con una inversión mucho más moderada e instalaciones bastante precarias. La terminal y la torre de control eran de madera -muy raras para la época- y estaban ubicadas a cierta altura para evitar la humedad”* (Gregoratti, 1996:85) (Lipovich, 2011: 267)

60 años después, el aeropuerto deportivo y auxiliar mueve prácticamente la misma cantidad de pasajeros/año que el aeropuerto pensado y proyectado para una Nación competitiva, atrayente, solidaria, sostenible, justa, libre y soberana.

La Cámara de Comercio de Buenos Aires y los intereses de la City porteña, lograron satisfacer a sus asociados. Así nos fue. La Argentina según datos de la OMT recibió en el año 2010, un total de 5.325.000 turistas internacionales, equivalente al 0,57% del mercado total de los 935 Millones de Turistas que recorrieron el mundo ese año, que le permitió ubicarse en el puesto n° 44 del ranking mundial.- Del 12° en 1950 al 44° en el 2010.-

La pregunta que surge obviamente: Argentina, para los próximos 60 años, con un mundo más integrado y globalizado, que al 2030 la OMT ya estima en 1800 millones de turistas internacionales¹⁸, casi el doble del 2010, que espera para salir de una mentalidad de cabotaje o de vuelo corto como el del gorrión, a una mentalidad más internacional y global con un vuelo como el del cóndor andino?

PENSAR en GRANDE y ACTUAR con GRANDEZA.-

En la introducción se indicó que prácticamente el 75% de todos los servicios ferroviarios del mundo que se interconectan con Aeropuertos son; LRT y Metros (25%) + Suburbanos y Regionales (50%).

Se tendrá presente la importante y extensa infraestructura ferroviaria metropolitana de Buenos Aires, como las principales conclusiones de los expertos e informantes claves del mundo, en El Desafío de las Megaciudades al expresar que el transporte es la infraestructura principal para ser el motor e impulsor de las mismas, focalizando la inversión en priorizar lo existente previo al desarrollo de nuevas facilidades y en el transporte masivo.

*“En la fuerte tendencia hacia la economía global, un intenso comercio internacional, turismo, cooperación científica, etc., la competencia de ciudades globales está incrementándose y convirtiéndose en crucial para su prosperidad y viabilidad.”*¹⁹

Por eso, establezco a priori el potencial de conectividad ferroviaria, que tienen ambos aeropuertos.

¹⁶ Troncoso, Claudia; Lois, Carla.- *Políticas turísticas y peronismo. Los atractivos turísticos promocionados en Visión de Argentina (1950).*

¹⁷ OMT, Introducción al Turismo, Pag. 26.- Argentina recibió 534.000 turistas respecto a los 25.300.000 del turismo mundial de 1950, que significó el 2,11% del mercado total.

¹⁸ OMT, Turismo hacia el 2030, Panorama global, Ed.OMT, Octubre 2011, Madrid

¹⁹ Vuchic, Vukan R, Transportation for Livable Cities,

Tabla 1: Potenciales enlaces ferroviarios al Aeropuerto de Ezeiza.

Bus-Vans-Taxi	ACTUALIDAD.	Trocha mm
1ª-AV exclusivo	ARBEX: Estación Buenos Aires- Aeropuerto EZE	1000
1b-AV exclusivo	ARBEX : Expreso sin paradas intermedias: Aeroparque-Ezeiza	1000
1c-Regional	RER B (Los Fc.Belgrano unidos): Ruta 6(Pilar) al Aerop.EZE	1000
1d-Suburbano	RER B: Est. Boulogne – Aeropuerto de Ezeiza.	1000
1e-Suburbano	Suburbano: Pza.de los Virreyes-EZE	1435
1f-Metro E	Retiro-EZE= Metro Línea E + 1e //Metro Línea E + Bus exprés Pza. Virreyes-EZE	1435
1g-AV exclusivo.	ROCA express: Tren expreso s/paradas- Pza. Constitución-Aeropuerto EZE.-	1676
1h-Regional	Gral. Roca: Constitución-Temperley-Aeropuerto-Cañuelas	1676
1i-Suburbano	G.Roca: Pza. Constitución-Lanús-L.de Zamora-Monte Grande-Ezeiza-Aeropuerto	1676

Elaboración propia:

Tabla 2: Potenciales enlaces ferroviarios al Aeroparque Jorge Newbery

Bus-Vans-Taxi	ACTUALIDAD	Trocha mm
2b-AV exclusivo	ARBEX: Expreso sin paradas intermedias: Aeroparque-Ezeiza.	1000
2c-Regional	RER B:Aerop.EZE-Est.Buenos Aires-Fac.Dcho.-Aeroparque-Ruta 6	1000
2d-Suburbano	RER B:Aerop.EZE-Est.Buenos Aires-Fac.Dcho.-Aeroparque-P.Saavedra	1000
2f-Metro F	Barracas Este-Est.Buenos Aires-Fac.Derecho-Aeroparque-P.Saavedra	1000

Elaboración propia:

De la visión de las 2 tablas, surgen noticias muy alentadoras.

I) El Aeropuerto de Ezeiza tiene un potencial de 9 servicios ferroviarios, un 80% superior al máximo de 5 servicios hallados en el Aeropuerto John Lennon de Liverpool en el Reino Unido y si no se construyera el Suburbano Pza. de los Virreyes- Ezeiza (1e), el potencial serían 8 servicios y 60% superior al mismo Aeropuerto.

II) La única trocha ferroviaria lindera con los 2 Aeropuertos de Buenos Aires, es la métrica y pertenecientes al Fc Belgrano, en sus versiones Norte, Sur y Cargas.

III) Que el proyecto de instalar una estación para el Aeroparque Jorge Newbery, data desde 1931(Lipovich, 265)

IV) Que es el recorrido más corto para unir los 2 Fc. Belgrano de trocha métrica, a través de un túnel ferroviario subterráneo Facultad de Derecho-Parque Thais- Av. Libertador y Av. Callao-por ésta y sus continuadoras Av. Entre Ríos- Av. Vélez Sarsfield-Estación Buenos Aires.

V) El potencial de 3 servicios de conexión ferroviaria a través del Fc. Gral. Rocha, de trocha 1676 mm, es muy importante, pero en una posición de 2º nivel respecto a la anterior, pues aún conectándolo con el Fc. San Martín como un RER A no pasa lindero al Aeroparque Jorge Newbery.-

VI) Por último, tenemos los 2 servicios que se podrían instrumentar en trocha de 1435 mm, es el indicado en el punto 1e: Fc. Suburbano desde Plaza de Los Virreyes al Aeropuerto de Ezeiza²⁰.

De estas noticias, me lleva a expresar que si queremos tener y bregar por un transporte aéreo sostenible hay que promover la conectividad de los aeropuertos con el transporte terrestre más sostenible que es el guiado sobre rieles, que no depende de la congestión de las autopistas y vías rápidas, ni con los sistemáticos accidentes que ocurren en ellas, ni los cortes producidos en las mismas por reclamos vecinales o laborales, ni por el mayor consumo energético por pasajero-km, etc., razón por la cual los operadores aeroportuarios como los organismos que fijan la política en la materia, como los gobiernos locales y estatales deben involucrarse con un rol más activo en la materia.

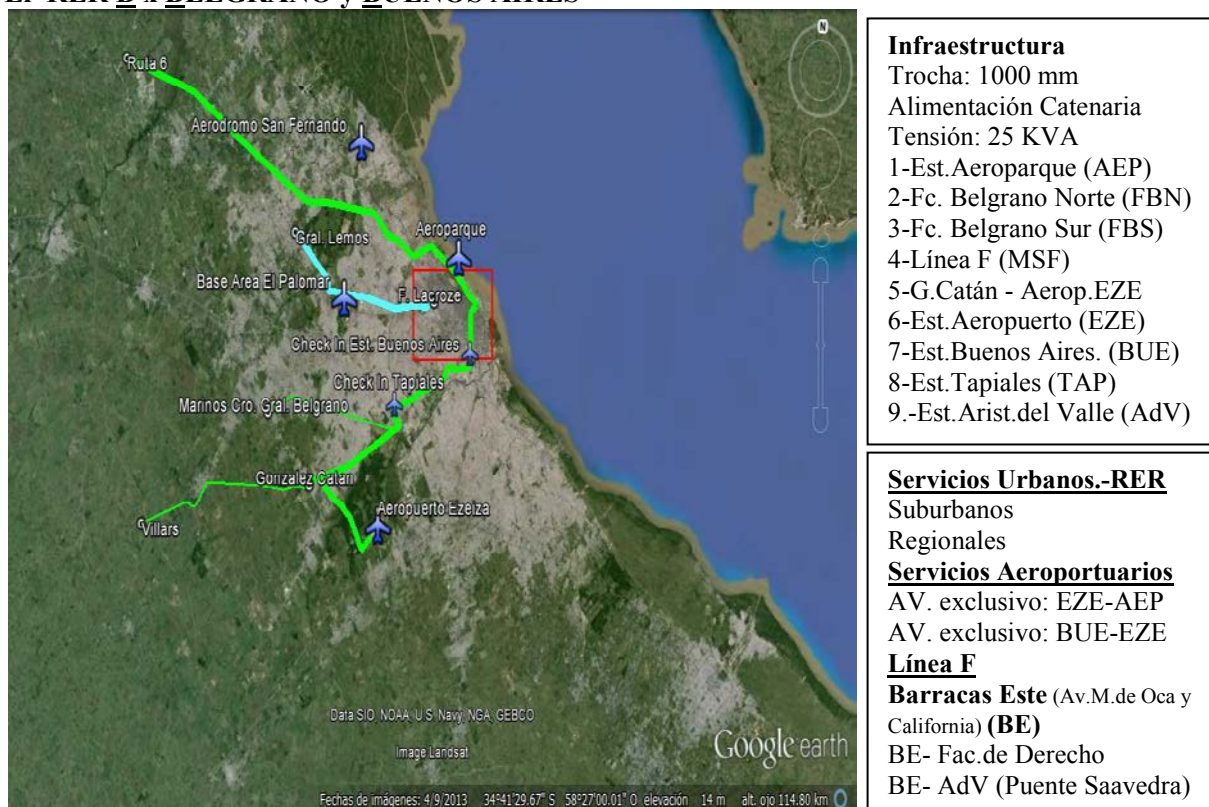
²⁰ CABOT, Diego, Proyectan un tren a Ezeiza. Sección Economía. Diario La Nación, 14/08/2011.-Buenos Aires, Argentina.-
<http://www.lanacion.com.ar/1397351-proyectan-un-tren-para-llegar-a-ezeiza-todas-las-valijas-van-por-el-canal-rojo>

El RER B, el Subterráneo y los AEROPUERTOS en BUENOS AIRES.

“ La París de América del Sur”, es el comentario de muchos turistas europeos o americanos del norte, expresan cuando hacen el recorrido con los Buses Turísticos en el área central o el corredor norte de la Megaciudad, pero al bajarse de los mismos y comparar el Transporte Público de París, su subterráneo o Metro, los modernos LRT más los RER como ferrocarriles suburbanos conectando a los 2 Aeropuertos, ahí se dan cuenta que están en Buenos Aires, aunque les corre la envidia, porque no tienen al Metrobus en la Av. de los Campos Elíseos.

El RER B es parte del proyecto REDDES, nacido en el año 2001, y apoyado por el Municipio de La Matanza²¹, el más poblado de Argentina, lindero a la Ciudad Autónoma y el Municipio de Ezeiza, que ha quedado inserto en la Ley 670 de ampliación de Red de Subterráneos, que implica la conexión de los 2 ferrocarriles Belgrano Sur y Norte, a través del eje de las Av. Vélez Sarsfield-Entre Ríos, en trocha métrica, gálibo ferroviario y 25 KVA, compartiendo la infraestructura con la línea F del Metro o Subterráneo de Buenos Aires, a construirse.

El RER B x BELGRANO y BUENOS AIRES



Elaboración propia

1) **El Fc. Belgrano Norte**, se extenderá desde la estación Villa Rosa (Pilar) hasta la Ruta Prov. n° 6, y electrificarlo con nuevo material rodante adecuado en velocidad y capacidad más una muy buena gestión por parte del concesionario **puede llegar a duplicar** sus números máximos alcanzados en el **año 2008 (45 MM de pasajeros)**.-Si a lo anterior, le agregamos que las demoras en horas pico en la Autopista Panamericana x la congestión y accidentes, no para de crecer, ineludiblemente que el Belgrano Norte con una política adecuada, captará con seguridad, un gran porcentaje de automovilistas.

²¹ Municipio de La Matanza: El más poblado de Argentina. Lindero a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y al Municipio de Ezeiza, siendo el Fc. Belgrano Sur, la columna vertebral ferroviaria del mismo. El Intendente Municipal Dr. Alberto Balestrini, asistió a la sesión de la Legislatura cuando se aprobó la Ley 670 el 08/11/01 y su sucesor y actual Jefe de Estado Municipal, Sr. Fernando Espinosa presentó a la Sec. De Transporte de Nación, las necesidades de mejorar las infraestructuras de conexión, basado en el Proyecto REDDES 09/06/06.- Expte.19138/06.-

2) **El Fc. Belgrano Sur**, que alcanzó la máxima capacidad de transporte de pasajeros en el **año 2000, con una cifra de 16.343.350 de pasajeros**, es el único ferrocarril que no dispone ninguna línea de subterráneos en las estaciones Terminal Buenos Aires y en la anterior Antonio Sáenz, pero al encontrarse cubriendo el total del Municipio de La Matanza y las zonas sur de los Municipios de Morón y Merlo, cuyas tendencias de crecimiento de población han sido infinitamente mayores que el resto del AMBA, razón por la cual la puesta en marcha del **proyecto REdDES**, haría llegar la cantidad de pasajeros anuales a una cifra estimada **en el orden de los 70 a 80 millones**.

3) Como este proyecto REdDES, está relacionado y en parte motivado por la conectividad de los 2 Aeropuertos de la Megaciudad, se propone que **todos los trenes que integren el servicio RER**, sean regionales o suburbanos, dentro éstos largos o cortos, los que pasen o terminen en los aeropuertos o en las terminales tradicionales, **tengan coches con categorías diferenciales** como tienen los aviones, aliscafos, cruceros o los buses interurbanos. Lo común a todas las categorías, serán **la velocidad de los trenes, puntualidad, frecuencia, seguridad, fiabilidad**, es decir que en el mismo tren habrá pasajeros low cost o turistas y pasajeros regulares o bussines.

4) Como hemos dicho, desde marzo del 2001, el camino más corto para la interconexión de ambos ferrocarriles y generar el RER B, el túnel entre Facultad de Derecho y Estación Buenos Aires, se superpone con la intención de la Ciudad Autónoma de construir **la Línea F** entre **Plaza Constitución y Plaza Italia** dentro del Proyecto **PIDESBA**, que no llegaba a Estación **BUENOS AIRES**, la que lleva el nombre y la marca de la Ciudad, de la Megaciudad y de la Pcia.



Elaboración: Equipo REdDES.- **PIDESBA**

PIDESBA

NO a los Aeropuertos.

Son sólo Líneas punto a punto.

NO atiende Terminal **Estación BUENOS AIRES**.-

NO atiende **Estación Fluvial Dársena Norte**.-

NO Hay LINEA CIRCULAR-

NO SER



Elaboración: Equipo REdDES.- **REdDES 2001-2013**

REdDES

SI conecta los 2 AEROPUERTOS.-

SI a 2 Líneas Diametrales: CH y DIE (perpendiculares)

SI a 1 Línea CIRCULAR (EI)

SI atiende a Estación. **BUENOS AIRES**.-

SI a Estación Fluvial Dársena Norte.

La comparación de ambas Líneas F es muy obvia.

Toda la traza o recorrido completo de la Línea F del PIDESBA están cubiertos por trazos de la F de REDDES u otras Líneas, que también fueron rediseñadas. Recibe solamente los pasajeros del Fc.

Roca en Pza. Constitución, a pesar de lo cual se le atribuye una potencialidad de 500.000 pasajeros diarios, que supera a la que actualmente traslada más pasajeros, la Línea B con 350.000 diarios²², con un costo de usd 500 MM, por la construcción de 7 estaciones, a lo largo de 5 km. Previendo la adquisición de 210 coches para conformar 30 trenes de 7 coches cada uno.-

La F de REDDES, por ser una línea totalmente transversal y alimentada por 5 ferrocarriles con todos sus ramales en la Megaciudad, es muy factible que los 500.000 se eleven desde un 40 a un 60%, que significa prever de 700 a 800.000 pasajeros diarios, razón por la cual los coches deberán mantener el concepto de gálibo ferroviario ancho y elevar a 9 en lugar de 7 coches por tren.

Hasta aquí, sería una comparación de 2 líneas subterráneas tradicionales de trocha media, pero si se toma la F de REDDES y se construye de trocha métrica, se puede dejar preparada para que salga a la superficie y continúe sobre las vías del Fc. Belgrano Norte hasta Aristóbulo del Valle (Puente Saavedra), con paradas en Salguero, Aeroparque, Ciudad Universitaria, Ciudad de Los Niños, Puente Saavedra, convirtiéndose en el Metro F.

Se mantiene el mismo concepto en todo el documento, a la luz de las experiencias internacionales en la materia, se pretende adaptarlas lo mejor posible a nuestra realidad con una visión estratégica de largo plazo.

5) Por último, además de la explotación de los servicios suburbanos y regionales, queda el servicio Premium o top del conjunto, que son los enlaces ferroviarios denominados de Alta Velocidad exclusivos, que unen los 2 Aeropuertos en forma directa sin paradas intermedias o a lo sumo una sola, donde funcione mostradores para despachar equipajes, el llamado Check in. En este aspecto el directo entre ambos Aeropuertos en línea recta hay una distancia de 26 km, mientras el expreso le demandaría en el orden de los 50 km., que le insumiría un tiempo en el orden de los 35 a 40 min. También se podría disponer de otro AV exclusivo desde la Estación Buenos Aires al Aeropuerto de Ezeiza, con una distancia de 41 km., que no debería insumirle más de 30 min.

Resumiendo:

Elegí el nombre de RER B, por ser la letra inicial del apellido del abogado y patriota Gral. Manuel Belgrano, que es el nombre de los Fc. a integrar junto con la B de Buenos Aires, pero que incluye además al RER que une los 2 principales Aeropuertos de la Ciudad Luz y como si eso fuera poco, por la historia de su construcción, participan 2 organismos en la operación (RATP y SCNF) y hay un cambio de conductores en el trayecto (Gare du Nord)

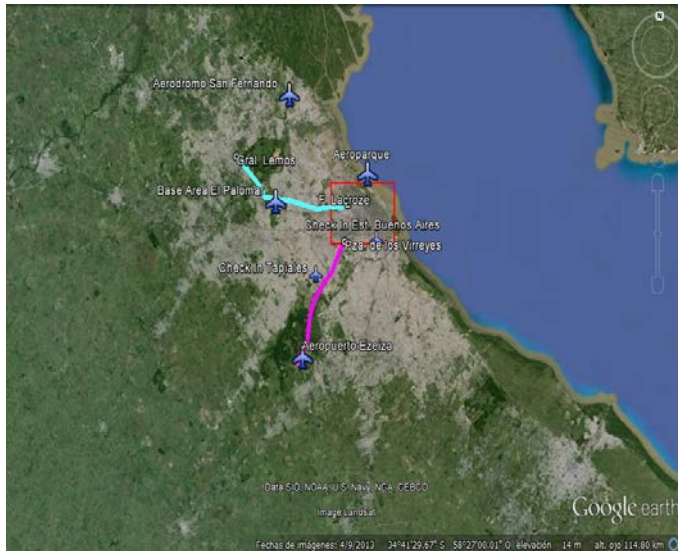
Pero este conjunto de proyectos, como un subsistema integrado de infraestructuras y servicios ferroviarios en la cual se combinan una Línea diametral (RER B) con una Línea Transversal (Metro Línea F) que conecta los 2 Aeropuertos entre sí y cada uno con el área central, es por lejos, el proyecto de transporte urbano, más sostenible y rentable desde lo financiero, económico, ambiental, social y político, con la amortización más rápida, no sólo de la Megaciudad de Buenos Aires sino de toda la República Argentina.

PROYECTAN UN TREN SUBURBANO al AEROPUERTO DE EZEIZA²³

Promueve: Grupo ROGGIO.- Tren Suburbano.- Est. Pza.de los Virreyes-Aerop.EZE
Trocha: 1435 mm.- Gálibo: Ferroviario.- Longitud: 21,2 km.- Estaciones: 7 (5 intermedias: 2 en Capital / 2 La Matanza / 1 Esteban Echeverría).- Valor estimado: 1.500 MM usd.
Acuerdo refrendado por Argentina y China Railway International.
Banco de China financiaría h/ 85% Plazo de Pago: 12 años + 3 gracia.-

²² AJZENMAN, Gustavo, El Subte F irá de Plaza Italia a Constitución.-Diario Perfil.15/09/2013, Buenos Aires, Argentina.-

²³ CABOT, Diego, Proyectan un tren a Ezeiza. Sección Economía. Diario La Nación, 14/08/2011.-Buenos Aires, Argentina.-
<http://www.lanacion.com.ar/1397351-proyectan-un-tren-para-llegar-a-ezeizatodas-las-valijas-van-por-el-canal-rojo>.



Este proyecto es el más inviable de todos.

Sería el equivalente al engendro emblemático de la década del 90, el Tren de la Costa, en el que cambiaron la trocha de 1676 mm del ramal Delta del Fc. B.Mitre para poder calzar unos LRT de 1435 mm de un fabricante europeo. Un fracaso. La década del 2000 no se puede quedar atrás. Cambian la trocha de 1000 mm para calzar otro LRT de 1435 mm de otro fabricante europeo para el Tren o Tranvía del Este en Puerto Madero. Parado. Sin soluciones a la vista.- Lamentablemente tuvo que ocurrir la tragedia de Once, del Fc. Sarmiento, para que estos horrores en materia de inversión ferroviaria no sea tan sencillo seguir impulsándolas.

Por eso, lo más rápido y serio, con un muy bajo nivel de inversión, es generar un bus expreso sin paradas intermedias entre el Aeropuerto de Ezeiza y la terminal Plaza de los Virreyes de la Línea E. Otra medida pertinente en vez de anunciar tantos Metrobuses y seguir poniendo cemento en la vía pública es llamar a Licitación para la provisión e instalación de la infraestructura de vías de la extensión de la Línea E desde Bolívar (Plaza de Mayo) hasta Retiro.

PLAZA CONSTITUCION-AEROPUERTO DE EZEIZA

Promovido por el ex grupo concesionario del Fc. Gral. Roca, el grupo empresario TMR SA y el entonces y actual Grupo Empresario Concesionario de los 2 Aeropuertos de Buenos Aires, que se presentan en éste documento, para correr un tren expreso sin paradas entre la estación Plaza Constitución hasta la estación Ezeiza donde giraría hacia el norte e ingresar a la traza del Fc. Belgrano.

“La nueva línea tendrá una extensión de casi 40 kilómetros y el ingreso al aeropuerto de Ezeiza será subterráneo... La nueva estación estará conectada con la terminal ferroviaria y con el subte C. Inicialmente se utilizarán formaciones ferroviarias usadas que se importarán de España y Portugal. Según anticipó Jaime (Ricardo), el Gobierno también tiene en estudio otro proyecto ferroviario para unir la zona Retiro con el aeroparque Jorge Newbery.

Una de las mayores dificultades de este proyecto, es la necesidad de expropiar viviendas residenciales, para llegar a la traza del Fc. Belgrano Sur desde la traza del Fc.Roca, aunque resuelto es el más sencillo y rápido de implementar a partir de la resolución y ejecución de la falta de interferencias en la nueva traza, ya sean de infraestructuras como de viviendas.

El otro aspecto, a resolver es la circulación de personas o viajeros o turistas hacia y desde Ezeiza, en la terminal ferroviaria de Constitución, con seguridad y libre de cualquier ya sea en el transbordo con la línea C o con algunos de buses que pasan por dicha Terminal o hacia los taxis.

La implementación en el mediano o largo plazo del RER entre los Fc. Gral. Roca y Fc. Gral. San Martín, ampliará el mercado de pasajeros a captar.

TAREAS CONCRETAS EN EL CORTO PLAZO

Teniendo la visión estratégica de la conectividad de los 2 Aeropuertos, se podrían acelerar tareas u obras actualmente en construcción más algunas intervenciones puntuales concretas

- 1) Avanzar con el llamado a Licitación de la compra e instalación de las vías y toda la infraestructura que fuera necesaria desarrollar para finalizar la extensión de la Línea E hasta Retiro.
- 2) Implementación inmediata de servicios Shuttle Bus hacia la estación Ezeiza del Fc. Gral. Roca
- 3) Mejorar todas las condiciones para la circulación y seguridad de turistas que arriben en los servicios regulares de trenes desde Ezeiza
- 4) Implementación inmediata de servicios Shuttle Bus con la estación Plaza de los Virreyes de la Línea E del Subterráneos o Metro de Buenos Aires,

CONCLUSIONES

De la lectura de lo presente, me lleva a expresar que si queremos tener y bregar por un transporte aéreo sostenible hay que promover la conectividad de los aeropuertos con el transporte terrestre más atractivo y más amigable con la sociedad y el medio ambiente, como es el guiado sobre rieles, que no depende de la congestión de las autopistas y vías rápidas de accesos, ni de los sistemáticos y constantes accidentes que ocurren en ellas, ni los cortes producidos por reclamos vecinales o laborales, ni por el mayor consumo energético por pasajero-km, etc.

Lo anterior implica que los operadores aeroportuarios como los organismos que fijan la política en la materia del transporte aéreo, como los gobiernos locales y estaduales en cuyos territorios se encuentren los aeropuertos sin conectividad ferroviaria con sus áreas centrales, deberían involucrarse con un rol más activo en el tema.

El caso Buenos Aires, muestra hasta el presente

- Una vocación por la no conectividad
- Un discurso y conocimiento de lo global e internacional, pero una actuación con objetivos muy locales y de corto plazo.
- Que tenemos todos los ingredientes para generar soluciones sistémicas y holísticas, en la integración y conectividad de los 2 Aeropuertos de Buenos Aires entre sí y cada uno de ellos con el área central de la Megaciudad.
- Que la conectividad referida en el párrafo anterior, formaría parte de una conectividad e integración de millones de personas de la Megaciudad, con el transporte público guiado sobre rieles, que aumentaría la atracción de los Aeropuertos y el Transporte Aéreo.

Por eso, reitero más que nunca, que hemos perdido muchos trenes y vuelos en nuestra historia reciente, para no seguir con esa tendencia, hay que pensar en grande y actuar con grandeza

REFERENCIAS

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERIA, *Estudio Estratégico Preliminar. Accesos a la Región Metropolitana de Buenos Aires. El Transporte Ferroviario y los Subterráneos*. Instituto del Transporte. Documento 2, Octubre 2011, Buenos Aires.

AJZENMAN, Gustavo, *El subte F irá de Plaza Italia a Constitución*.- Diario Perfil. 15/09/2013, Buenos Aires, <http://www.perfil.com/sociedad/El-subte-F-ira-de-Plaza-Italia-a-Constitucion-20130915-0057.html>

CABOT, Diego, *Proyectan un tren a Ezeiza*. Sección Economía. Diario La Nación, 14/08/2011.- Buenos Aires, Argentina.- <http://www.lanacion.com.ar/1397351-proyectan-un-tren-para-llegar-a-ezeizatodas-las-valijas-van-por-el-canal-rojo>.

FARBEROFF, Ceferino L. *El proyecto de mudar el Aeroparque a Ezeiza*, Suplemento M2 de Arquitectura, Diario Página 12, 10/03/2001, Buenos Aires, Argentina.

FARBEROFF, Ceferino L. *Infraestructura y Transporte. Su importancia en la integración de América del Sur. Un nuevo paradigma integrador...* Comunicación presentada en el I Congreso Internacional del Mercosur. Desde el MERCOSUR hacia la PATRIA GRANDE, Colegio de Abogados de la Provincia de Buenos Aires, abril 2004, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

GLOBE SCAN y MRC McLean Hazel, *Desafío de las Megaciudades. Una perspectiva de líderes y expertos*, Ed. Siemens AG, Múnich, 2007.- Ver <http://www.aan.siemens.com/chile/e-brochures/Documents/Desaf%C3%ADo%20sde%20las%20Megaciudades%20-%20Siemens.pdf>

GOBIERNO de BUENOS AIRES, Subsecretaría de Urbanismo y Vivienda, Garay, Alfredo. Coord. *Lineamientos Estratégicos para la Región Metropolitana de Buenos Aires*, 2007, La Plata, Argentina

LEGISLATURA Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Aprobación ley 670, Nuevas Líneas de Subterráneos. Versión Taquigráfica Vt49-2001 del 08/11/2001.- pgs.124:234.
Ver: <http://www.legislatura.gov.ar/vt.php>

LIPOVICH, Gustavo A. *Los Aeropuertos de Buenos Aires y su relación con el espacio metropolitano*, Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina, mayo 2010.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE TURISMO. *Introducción al Turismo*.-Editorial OMT-Madrid, 1998

MINISTERIO DE TURISMO ARGENTINA (2012)

TRONCOSO, Claudia; LOIS, Carla.- *Políticas turísticas y peronismo. Los atractivos turísticos promocionados en Visión de Argentina (1950)*. Disponible en http://www.naya.org.ar/turismo/congreso2003/ponencias/Claudia_Troncoso.htm

VUCHIC, Vukan R., *Transportation for Livable Cities*, Center for Urban Policy Research, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, Estados Unidos de America, 1999

LA INMUNIDAD DE JURISDICCIÓN & LOS ORGANISMOS INTERNACIONALES DE EXPLOTACIÓN DE SERVICIOS DE NAVEGACIÓN.

Dr. Hernán Adrián Gómez

Universidad de Buenos Aires

Universidad del Salvador

Palabras Claves: navegación aérea - organismos internacionales de explotación – inmunidad de jurisdicción - jurisprudencia

Descripción Metodológica y Resumen: Para el presente trabajo se utilizó el método deductivo y contextual. Se propondrán y describirán generalmente las relaciones jurídicas derivadas de los organismos destinados a la navegación en el espacio aéreo y, posteriormente, trataremos sobre la inmunidad de jurisdicción y determinados mecanismos de solución de conflictos del derecho comparado.

Antecedentes históricos contextuales.

Sabemos que la industria aerocomercial se encuentra integrada por diferentes actores. En tiempos de la Conferencia Internacional de Aviación Civil, hacia 1944, los actores predominantes indiscutiblemente eran las líneas aéreas. Si bien los fabricantes tenían gran importancia, el exceso de oferta de equipos luego de la postguerra posicionaba prioritariamente a las aerolíneas.

Con el correr de los años otros actores de la industria asumieron roles de mayor trascendencia y la IATA dejó de estar aisladamente en el centro indiscutible de la escena. Los fabricantes y sus asociaciones adquirieron otra dimensión, la infraestructura aeronáutica alcanzó un posicionamiento no imaginado en los años cuarenta del siglo pasado, el transporte se multiplicó exponencialmente y con ello surgió la necesidad de crear eficientes organismos de regulación y prestación de los servicios de navegación aérea.

La geopolítica de los estados fue diseñando diferentes grados de asociación de países que también incluyeron al transporte aéreo y ello generó que la prestación y el contralor de los servicios de navegación aérea excedan el ámbito nacional y adquieran carácter regional o comunitario. Ello dio lugar al nacimiento de los organismos internacionales de explotación de navegación en el espacio aéreo.

Los organismos internacionales de explotación de navegación en el espacio aéreo.

En el presente artículo trataremos a diferentes prestadores del servicio de navegación aérea en el espacio aéreo, particularmente a EUROCONTROL, COCESNA y ASECNA que geográficamente representan a Europa, Centroamérica y parte de África.

La agencia EUROCONTROL fue creada por el Convenio de Bruselas de 1960, con las modificaciones de los años 1981 y 1997. Contemporáneamente las naciones centroamericanas constituyeron COCESNA y, a estos dos organismos debemos sumar ASEGNA.

Durante la postguerra fue firmado tratado de Roma de 1957 que, en su IV Parte, estableció la decisión de asociar a la recién creada Comunidad Económica con los países y territorios no europeos que sostengan con los estados miembros “relaciones particulares”, entendidas como “bilaterales”. Se trataba de extender a los territorios coloniales africanos de Bélgica, Francia e Italia los principios de librecomercio comercial comunitario.

La constitución francesa de 1958 reagrupó a las viejas colonias y posesiones en la denominada “Comunidad Francesa” y cada una de aquellas adquirió el estatus de “República Independiente”.

Luego de la Constitución Francesa de 1958, los estados federados de África Ecuatorial Francesa (AEF) y de África Occidental Francesa (AOF) firmaron el 12 de diciembre de 1959 *el tratado de San Luis (Senegal)* que constituyó la ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar).

El tratado de 1959 fue sucedido por el *Tratado de Dakar de 1974 (Senegal)* y últimas “Revisiones” o actualizaciones se produjeron en los años 1980, 1991 y 2010 en *Libreville (Gabón)*. La última revisión se encuentra vigente para 12 estados miembros que los han firmado. El último que lo ha firmado fue Francia mediante la Ley 1289/2012 que autorizó la ratificación de la Convención.

Las últimas sesiones directivas autorizaron a ASECNA a la gestión aeroportuaria haciendo hincapié en el ofrecimiento de auditorías y en la gestión de la seguridad operacional.

Naturaleza Jurídica de organismos internacionales de explotación de navegación en el espacio aéreo.

Indagar sobre la naturaleza jurídica de estos prestadores de servicios de navegación aérea que comprometen a más de una jurisdicción nacional no implica solamente un ejercicio especulativo sino un punto de partida para la definición de las relaciones jurídicas y los efectos que se deriven de aquellas prestaciones.

Podemos argumentar que se trata de meras personas jurídicas formadas por capitales pertenecientes a más de un Estado, de organismos administrativos intergubernamentales, o bien darles un carácter internacional. Dentro de esta última opción podríamos hacer hincapié en la idea de organismos destinados a la explotación de servicios. Esta opción puede interpretarse, de acuerdo a lo dispuesto por los Artículos 77 ^[1] y 79 ^[2] del Convenio de Chicago de 1944.

La jurisprudencia entendió que ASEGNA constituía un organismo internacional de explotación en los términos de los artículos referenciados, aunque creemos conveniente destacar que el Convenio parecería inclinarse a los servicios aéreos como objeto de aquellos. En el mismo sentido se han expedido los tribunales europeos, particularmente con relación a EUROCONTROL, cuando los motivos del litigio obedecían al cobro de tarifas. ^[3]

No obstante, en los instrumentos constitutivos ^[4] de estos prestadores, incluyendo por tales a los tratados, se establece su carácter de estatus internacional.

Los servicios de explotación de navegación aérea.

Sostenemos que el carácter de este tipo de servicios es público y esencial. La definición de servicio público esencial conlleva fundamentalmente la nota que no puede ser reemplazado por otro.

Existen diferentes tipos prestaciones que, integralmente, forman parte de la prestación de los servicios públicos de navegación aérea. Entre ellos se encuentran los Servicios ATS (Información de Vuelo, Alerta, Asesoramiento de Tránsito Aéreo) y Control de Tránsito Aéreo (ATC: Servicios de Control de Área, Control de Aproximación y Control de Aeródromo); los Servicio de Información Aeronáutica (ARO-AIS); los Servicios de Comunicaciones Aeronáuticas (COM); los Sistemas de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia (CNS); la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM); el Servicio Aeronáutico de Búsqueda y Salvamento (SAR); la meteorología aeronáutica, etc.

Los organismos internacionales, en estudio, prestan algunos de tales servicios y en determinados supuestos espaciales y territoriales. Así, por ejemplo, EUROCONTROL opera dentro de determinado ámbito espacial (en un nivel que comienza desde los tres mil metros de altura). ASEGNA suma al ámbito espacial internacional aspectos territoriales pues, de acuerdo a sus normas constitutivas presta todos los servicios de navegación en algunos de sus estados miembros; y en similares condiciones podremos hallar a COCESNA.

El análisis de estos diferentes ámbitos de aplicación territorial y espacial determinará la jurisdiccionalidad de los negocios jurídicos derivados de aquellas prestaciones.

¹ Artículo 77. Organizaciones de explotación conjunta autorizadas. Ninguna disposición del presente Convenio impide que dos o más Estados contratantes constituyan organizaciones de explotación conjunta del transporte aéreo ni organismos internacionales de explotación, ni que mancomunen sus servicios aéreos en cualquier ruta o región, pero tales organizaciones u organismos y tales servicios mancomunados estarán sujetos a todas las disposiciones del presente Convenio, incluso las relativas al registro de acuerdos en el Consejo. Este determinará la forma en que las disposiciones del presente Convenio sobre nacionalidad de aeronaves se aplicaran a las utilizadas por organismos internacionales de explotación.

² Artículo 79. Participación en organizaciones de explotación. Un Estado podrá participar en organizaciones de explotación conjunta o en arreglos de mancomún por conducto de su gobierno o de una o varias compañías de transporte aéreo designadas por éste. Las compañías, a discreción exclusiva del Estado interesado, podrán ser estatales, parcialmente estatales o de propiedad privada.

³ Cour de Cassation de Belgique “SAT Fluggesellschaft mbH v. Eurocontrol” Sentencia de 19.1.1994 — Asunto c-364/92. Fuente: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:61992CJ0364:EN:HTML>. Fecha de Consulta: 10 de agosto de 2013.

⁴ *Nota del Autor*: En este sentido el artículo 24 del Convenio Dakar de 1974 estableció el carácter de estatus internacional de la agencia, que se implementó a través del Anexo I.

Relaciones jurídicas derivadas.

Podemos definir a las relaciones jurídicas que surgen de aquellas prestaciones como complejas, por su multiplicidad e interrelación. Observamos que estos organismos presentan, principalmente, relaciones con los aeropuertos, industria, estados miembros, otros usuarios del espacio aéreo, OACI, organizaciones militares regionales, fuerzas armadas nacionales, empleados, representaciones gremiales. En pos de una mayor claridad ofrecemos el siguiente esquema:



El estudio de estas relaciones no se agota en una representación intelectual, pues de las mismas surgirán importantes consecuencias económicas. Así, por ejemplo, en la literatura jurídica internacional Abeyratne Ruwantissa ^[5] al tratar la materia aerocomercial insiste en la idea de representatividad económica del control de tránsito aéreo en la estructura de costos de una línea aérea, sobre todo teniendo en cuenta el costo de las reprogramaciones de vuelos.

Jurisdiccionalidad de las controversias derivadas del negocio jurídico de los servicios de navegación aérea.

En sentido estricto podemos entender a la jurisdiccionalidad como una de las formas de manifestación del *imperium* del Estado o bien como la aptitud que tienen los jueces y tribunales para juzgar y hacer ejecutar lo juzgado. En sentido amplio la doctrina internacionalista suele hablar en forma minoritaria del arbitraje, en el sentido de jurisdicción arbitral. Mayoritariamente, la doctrina considera al arbitraje como un mecanismo no judicial de resolución de conflictos.

Por inmunidad de jurisdicción no podemos entender a la no jurisdiccionalidad de un negocio jurídico, sino a la remisión del mismo a una jurisdicción pactada de antemano. En este sentido la inmunidad de jurisdicción funciona como si fuese una excepción procesal interpuesta en el foro. Para decirlo con otras palabras, si se instara un proceso en una jurisdicción no pactada en el contrato constitutivo o bien en el tratado de creación de un organismo internacional, los representantes del mismo siempre podrán oponer una inmunidad de jurisdicción.

⁵ RUWANTISSA, Abeyratne. "The future of African civil aviation" Journal of Air Transportation World Wide. Vol. 3. N° 2. Año 1998. Fuente: <http://ntl.bts.gov/lib/7000/7500/7578/jatww3-2abeyratne.pdf> Fecha de Consulta: 6 de julio de 2013.

Sin embargo, uno de los problemas se plantea cuando dicha remisión es considerada por los tribunales de aplicación como violatoria del orden público del Estado. Al análisis de la jurisprudencia internacional nos dedicaremos a continuación.

El tratamiento de la inmunidad de jurisdicción en los tribunales [6].

Continuando con el análisis de la jurisprudencia parisina establecida desde los autos “*Beaudice v. ASECNA*” [7], durante el año 2009 la Cámara de Apelaciones de París entendió la causa derivada del accidente de una aeronave de Air Sénégal.

Los hechos que sustentaron los procesos fueron los siguientes: La empresa Air Sénégal, Sonatra (Société Nationale de Transport Aériens du Sénégal) cerraba su vuelo del 01 de febrero 1997 de las 14:30. La aeronave Twin HS (Hawker Siddeley) 748 empezaba sus maniobras de despegue luego de dos horas de demora, debido a una compleja carga de combustible, y ante la insistencia para que despegue por parte de la torre de control. La aeronave carreteó por la pista del aeropuerto y levantó vuelo unos pocos metros hasta que un motor se detuvo y el avión se estrelló incendiándose dentro del predio aeroportuario. De las 52 personas a bordo, 23 perecieron en el fuego, y otros 29 sufrieron heridas y quemaduras en diferentes grados. De este accidente se instaron procesos en lo penal y en lo civil en la sede tribunalicia parisina, con citación de los aseguradores y reaseguradores.

Para procurar demostrar la responsabilidad de los empleados de ASECNA, la querella argumentó que los artículos 10 y 12 del Convenio de Dakar de 1974, creador de la Agencia, le permiten la realización de actividades Nacionales. Con tal fundamento ASECNA firmó en diciembre de 1987 un contrato particular con la República de Senegal, para la gestión aeroportuaria del Aeropuerto de Tambacoundé (Senegal) y para el control de tránsito aéreo sobre todo su espacio aéreo.

Se citó también a la firma ASECNA en virtud de la orden del controlador que habría influido en el despegue anticipado sin todas las medidas de seguridad y, por otra parte, en virtud de su actividad como gestor aeroportuario y como proveedor de combustible aeronáutico de mala calidad debido a su acondicionamiento, imputándose a ambos responsables.

La sentencia firme se produjo 12 años después, el 16 de mayo de 2009, cuando la Corte Penal de París condenó a un mecánico de Air Sénégal, responsable de la apertura de la válvula de combustible del motor siniestrado, a 30 meses de prisión en suspenso por 15 homicidios y lesiones no intencionales.

Asimismo se instaron varios procesos civiles y dada la conexión, la Cámara Primera en lo Civil de París ordenó la acumulación de los procesos. [8] En dichos autos, la empresa francesa, organizadora del viaje, fue demandada solidariamente junto a la aerolínea, la aseguradora, los reaseguradores y la agencia ASECNA. Los patrocinantes de ASECNA interpusieron como excepción procesal la inmunidad de jurisdicción, argumentando que el Convenio de Dakar de 1974 le otorgaba un estatus de “organismo internacional” a la Agencia.

Corrido los traslados procesales la reaseguradora argumentó que el derecho internacional consuetudinario debería entenderse hermenéuticamente y que aquella interpretación de inmunidad de jurisdicción vulneraría los derechos de los damnificados, establecidos por el Convenio Europeo de Derechos Humanos⁹ (Artículo 6.1.- Derecho a un proceso equitativo¹⁰).

⁶ Fuente: <http://www.jac.cerdacc.uha.fr/internet/recherche/Jcerdacc.nsf/NomUnique/JLAE-7W8HEV> Fecha de Consulta: 6 de julio de 2013.
Nota del Autor: En el mismo sentido *Beaudice v. ASECNA*, Cour d'Appel de Paris, Première chambre, 25 November 1977, 106 JDI (1979), 128.

[7] Fuente: <http://www.droitaerien.com/content.php?content=277>. Fecha de Consulta: 6 de julio de 2013.

[8] Cour de Cassation Paris. Chambre Civile 1. Audience publique du mardi 14 décembre 2004. N° de pourvoi: 01-15471 01-15472

⁹ Fuente: http://www.echr.coe.int/Documents/Convention_SPA.pdf Fecha de Consulta: 7 de julio de 2013.

En primer lugar la Cámara entendió que ASECNA no actuó en su carácter de organismo internacional, prestador de servicios comunitarios, sino en su carácter de contratante por cuenta del Estado de Senegal, de acuerdo a lo facultado por el artículo 10 del Convenio de Dakar de 1974.

Luego la Cámara analizó si la actividad de ASECNA, dentro del contexto mencionado, y por cuenta del Estado de Senegal era una actividad de naturaleza estrictamente comercial o bien una concesión de servicios públicos. El tribunal entendió que no se trataba de una actividad eminentemente comercial y privada, sino más bien un servicio público. Dicho servicio público era controlado y regulado por el Estado de Senegal, de acuerdo al Contrato con ASECNA. Además de dicho contrato surgía el control administrativo y financiero por parte del Ministerio de Aviación Civil de Senegal.

Por ello, el tribunal decidió que, en virtud de la existencia de una delegación de servicio público del Estado de Senegal hacia la Agencia, ésta se beneficiaba con la inmunidad de jurisdicción interpuesta. La Cámara condenó a resarcir con costas, solidariamente a la aseguradora y a la empresa organizadora del viaje y a sus dependientes.

En el Comentario podríamos señalar que la Convención de Dakar tiene entre sus considerandos la vista del Tratado de Chicago de 1944, el Tratado de Viena relativa al derecho de los tratados de 1969 y la Convención de Viena sobre relaciones diplomáticas de 1961.

¿Hacia una nueva tendencia jurisprudencial?

En estos últimos años, por diversas fundamentaciones, la jurisprudencia ha comenzado a mostrarse inclita a rechazar las excepciones de inmunidad de jurisdicción de los organismos internacionales. A modo de ejemplo ofrecemos el siguiente relevamiento.

Sostiene Reinisch ^[11] que, en otros casos, los tribunales franceses se han negado a conceder la inmunidad de jurisdicción a organizaciones internacionales, siempre y cuando los demandantes hubieran sido privados de un foro para plantear sus demandas.

Por ejemplo, en el fallo “*UNESCO v Boulois*”, del año 1997, un tribunal de apelaciones francés rechazó la excepción de inmunidad al invocar directamente la primacía del CEDH sobre el estatuto de la UNESCO. El tribunal consideró que la concesión de inmunidad “conduciría inevitablemente a la imposibilidad de [la demandante] de llevar su caso a un tribunal. Esta situación sería contraria al orden público, ya que constituye una denegación de justicia y una violación de las disposiciones del artículo 6.1 del CEDH.

Más recientemente, este enfoque también fue invocado por los tribunales franceses en materia de empleo. Un ejemplo reciente e importante de este desarrollo fue la acción planteada por un ex empleado del *Banco Africano de Desarrollo*, que no podía acceder a un tribunal administrativo de la organización, ya que se creó después de su despido y por lo tanto carecía de jurisdicción sobre su reclamación.

¹⁰ Artículo 6 inciso 1. Toda persona tiene derecho a que su causa sea oída equitativa, públicamente y dentro de un plazo razonable, por un Tribunal independiente e imparcial, establecido por ley, que decidirá los litigios sobre sus derechos y obligaciones de carácter civil o sobre el fundamento de cualquier acusación en materia penal dirigida contra ella. La sentencia debe ser pronunciada públicamente, pero el acceso a la sala de audiencia puede ser prohibido a la prensa y al público durante la totalidad o parte del proceso en interés de la moralidad, del orden público o de la seguridad nacional en una sociedad democrática, cuando los intereses de los menores o la protección de la vida privada de las partes en el proceso así lo exijan o en la medida en que sea considerado estrictamente necesario por el tribunal, cuando en circunstancias especiales la publicidad pudiera ser perjudicial para los intereses de la justicia

¹¹ August Reinisch, “The Immunity of International Organizations and the Jurisdiction of their Administrative Tribunals”¹¹ en Chinese Journal of International Law (2008) 7 (2): 285-306.. Fuente: <http://chinesejil.oxfordjournals.org/content/7/2/285.full>.
Nota del Autor: en el mismo sentido ver: Klabbers, Jan. Wallendahl, Åsa. “Research Handbook on the Law of International Organizations”. Ed. Algar. USA. 2011. Fuente: http://books.google.com.ar/books/about/Research_Handbook_on_the_Law_of_Internat.html?id=w_WXHY2ejZ8C&redir_esc=y Fecha de Consulta: 8 de julio de 2013.

En el fallo comentado “*Banque africaine de développement v MA Degboe*”, el Tribunal de Casación consideró que la imposibilidad de acceso a la justicia constituiría una denegación de justicia. Por lo tanto, la organización demandada no tenía derecho a la inmunidad de jurisdicción. El Banco es una organización internacional regional con sede en Abidjan, Costa de Marfil, y Francia es un país miembro del mismo.

Para resolver la cuestión el Tribunal de Casación no se fundó en el artículo 6.1 del CEDH, muy probablemente como consecuencia de la mayor parte no europea de miembros del Banco. En cambio, se basó en el concepto de “*orden público internacional*” que incluye como postulado la prohibición de una “*denegación de la justicia*”. Este enfoque demostró que no procede la idea de una “*confiscación*” de la inmunidad en los casos donde no se proporcione ninguna solución alternativa.

La Competencia Arbitral [12]

El Anexo Primero al Convenio de Dakar de 1974 establece la posibilidad que la Agencia pacte una remisión arbitral para la resolución de conflictos contractuales de terceros con aquella, excepto en materia laboral. Sin embargo nos encontramos con posiciones encontradas por parte de la jurisprudencia que ha interpretado la norma de diferentes maneras.

Así, en el fallo “*Touré kouakou edmond et amani n'zué c/ Asecna*” relativo a un contrato de trabajo, la Corte Senegalesa, entendió que procedía la competencia arbitral, por sobre la laboral, fundándose en el anexo I y en el artículo 2 del *Acte uniforme relatif au droit de l'arbitrage* [13].

Sin embargo en autos “*ASECNA v. Amady Diop*” [14] la Corte de Casación de Dakar entendió que ante un despido originado por una denuncia penal derivada del hurto de cheques a la empresa por parte de un empleado, más allá de la sustanciación del proceso penal, no era admisible la competencia de un árbitro sino la justicia laboral.

Conclusiones.

A continuación plantearemos algunas conclusiones al presente artículo. En primer lugar creemos que tanto ASECNA, como COCESNA y EUROCONTROL son organismos internacionales de explotación, regidos por el derecho público con carácter restrictivo y siempre que no actúen como empresas comerciales.

En principio debe respetarse la jurisdicción y la ley aplicable impuesta por los instrumentos multilaterales que los constituyen.

Excepcionalmente, por ejemplo, cuando se vulnere o colisione el orden público de un Estado Parte, dicho Estado podrá interpretar los tratados constitutivos de diferente manera, siempre teniendo en cuenta los mecanismos de notificación de discrepancias que disponen los tratados y los principios rectores del derecho de los tratados.

La excepcionalidad mencionada anteriormente dependerá de cual fuese la relación jurídica que la sustente. Así, creemos que un litigio laboral permitiría al Estado la no declinación de su jurisdicción.

La remisión arbitral, debe ser entendida y aplicada con carácter restrictivo.

¹²Fuente: www.ohada.com Fecha de consulta: 06 de julio de 2013.

¹³ Nota del Autor: A continuación se transcribe el Artículo 2 “*Toute personne physique ou morale peut recourir à l'arbitrage sur les droits dont elle a la libre disposition. Les Etats et les autres collectivités publiques territoriales ainsi que les Etablissements publics peuvent également être parties à un arbitrage, sans pouvoir invoquer leur propre droit pour contester l'arbitrabilité d'un litige, leur capacité à compromettre ou la validité de la convention d'arbitrage.*”

¹⁴ Fuente: <http://www.juricaf.org/arret/SENEGAL-COURDECASSATION-20011212-072001>. Fecha de consulta: 06 de julio de 2013.

Como principio rector, adherimos a la idea que la inmunidad de jurisdicción nunca podría privar al interesado de un foro para interponer su demanda. Por lo tanto promovemos la necesidad de acentuar la reciente jurisprudencia internacional que, *in generis*, rechaza la idea de una inmunidad de jurisdicción.

Buenos Aires, 15 de agosto de 2013.-

BIBLIOGRAFIA

Arbitration in Air, Space and Telecommunications Law, Third Series of the PCA/ Peace Palace Papers, Kluwer Law International, La Hague 2002.

BALFOUR, John: *Arbitration in Aviation: the Ultimate Remedy?* Arbitration in Air, Space and Telecommunications Law, 2002, pp. 81-94

BROCHES, Aron: *Experiencies from the practice of an international arbitral tribunal*, en Settlement of Space Law Disputes, 1980, pp. 27-36.

CAPALDO, Griselda: *La solución pacífica de controversias en el derecho internacional aeronáutico*. Trabajo inédito.

CHENG, Bin: *Dispute Settlement in bilateral air transport agreements*, en Settlement of Space Law Disputes, 1980, pp. 97-111.

FERNÁNDEZ ESTEBAN, Maria Luisa. “*El principio de subsidiaridad en el ordenamiento europeo*”. Editorial Mc. Graw Hill. Madrid. Año 1996.

FOLLIOT, Michel. “*Les relations aériennes internationales*”. Ed. Pedone. Paris. Año 1985.

KLABBERS, Jan. WALLEND AHL, Åsa. “*Research Handbook on the Law of International Organizations*”. Ed. Algar. USA. 2011.

MILDE, Michael: *Dispute Settlement in the framework of the International Civil Aviation Organization (ICAO)*, en Settlement of Space Law Disputes, 1980, pp. 87-95.

REINISCH, August: *The Immunity of International Organizations and the Jurisdiction of their Administrative Tribunals*, en Chinese Journal of International Law 2008: 7 (2), pp 285-306.

RUWANTISSA, Abeyratne: *The future of African civil aviation*, en Journal of Air Transportation World Wide. Vol. 3. N° 2. Año 1998.

VAN HAERSOLTE-van HOF, Jacomijn: *Expedited Procedures: a Review of the EUROCONTROL Arbitration Policy*, en Arbitration in Air, Space and Telecommunications Law, 2002, pp. 235-252

AGRADECIMIENTO

Agradecemos, particularmente, a la Prof. Dra. Griselda Capaldo por todo el material facilitado y por sus generosos aportes.

LA CONECTIVIDAD COMO FACTOR DE SOSTENIBILIDAD DE LA RED AÉREA INTERINSULAR DE LAS ISLAS CANARIAS (ESPAÑA)

José Ángel Hernández Luis

Departamento de Geografía, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Calle Pérez del Toro, 1; Las Palmas de Gran Canaria, 35003, España

Email: jhernandez@dgeo.ulpgc.es

RESUMEN

Uno de los principales factores de desarrollo socioeconómico de un territorio, máxime si éste es fragmentado como es el caso de los sistemas insulares, lo constituye el transporte aéreo. Por ello mismo, la conectividad aérea eficiente y sostenible juega para estos territorios insulares un papel fundamental desde el punto de vista de su desarrollo socioeconómico.

Pues bien, el objetivo principal de este trabajo es analizar la conectividad aérea interinsular en las Islas Canarias desde distintos puntos de vista (frecuencias, asientos ofertados, incluso en distintas franjas horarias, sistema tarifario, índices de ocupación, etc.), en tanto que en estos parámetros tenemos la columna vertebral de una conectividad eficiente y sostenible.

Desde este punto de vista, en octubre de 2012, uno de los operadores aéreos interinsulares cesó en sus actividades y, por ende, prácticamente toda la conectividad ha quedado en manos de una sola compañía, cambiando por completo el esquema de competitividad que existía con anterioridad. Por ello mismo, empleamos una metodología evolutiva en el que realizamos una diagnosis de la conectividad aérea en el pasado, contrastándola con la actual, identificando las principales debilidades de la presente red de transporte y que, por tanto, no la hacen sostenible.

Palabras clave: Conectividad aérea sostenible, integración territorial, desarrollo socioeconómico, insularidad.

ABSTRACT

One of the main factors of socio-economic development of a country, especially if it's fragmented as in the case of island systems, it's air transport. Therefore, efficient and sustainable air connectivity to these island territories plays a key role from the point of view of economic development.

Well, the main objective of this paper is to analyze the inter-island air connectivity in the Canary Islands from different points of view (frequencies, seats offered, even in different slots, tariff system, occupancy rates, etc.), While in these parameters have the backbone of a sustainable and efficient connectivity.

From this point of view, in October 2012, one of the interisland air carriers ceased its activities and thus, practically all connectivity has been in the hands of a single company, completely changing the competitive scheme that existed prior. By the same token, we employ an evolutionary approach in which we made a diagnosis of air connectivity in the past, contrasting it with the present, identifying the main weaknesses of the present transport network and therefore don't sustainable.

Key words: Air connectivity sustainable, territorial integration, socioeconomic development, insularity.

INTRODUCCIÓN

El transporte aéreo juega un papel estratégico para muchos territorios, si bien para los espacios insulares es absolutamente imprescindible debido a la discontinuidad territorial y muchas veces la lejanía (Hernández Luis, 1994; Hoyle, 1999).

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Debido a este carácter estratégico y además utilizado en casi un 100% de manera colectiva, por tanto no privada como una gran parte de la movilidad terrestre, la calidad del servicio tiene que ser el objetivo principal, de modo que las frecuencias, las franjas horarias de operación, los índices de ocupación, etc., satisfagan a la mayor parte de los viajeros. Además, el usuario del transporte aéreo interinsular se asemeja muchas veces al concepto de *commuter*, donde los desplazamientos en un gran porcentaje son por motivos distintos al ocio (sanitarios, educativos, de negocios, administrativos, etc.), de ahí que una estimada cantidad de viajeros demande una ida y vuelta en la misma jornada.

Así pues, el análisis al menos de la accesibilidad física, horaria y económica, en tanto que condicionantes de la cohesión territorial de Canarias a través del transporte aéreo, va a ser el eje central de este trabajo, con particular incidencia en el escenario posterior al cese de operaciones en octubre de 2012 de una de las dos compañías regulares entre las Islas, si bien existe una tercera aunque de momento con una demanda extremadamente débil. Contrastaremos pues la situación anterior y posterior a este evento y cómo ello ha incidido en la calidad del servicio o, si se desea, en el grado de accesibilidad aérea interinsular.

METODOLOGÍA

En este trabajo se emplea una metodología evolutiva en el que realizamos una diagnosis de la conectividad aérea interinsular de las Islas Canarias en el pasado, contrastándola con la actual, identificando las principales debilidades de la presente red de transporte y que, por tanto, no la hacen sostenible.

Se trata pues, de identificar las principales desviaciones en cuanto a una conectividad eficiente en aras de la consecución de una mínima accesibilidad y a la que, sin duda, contribuiría la entrada en operatividad de una segunda compañía con una cuota mínima de mercado del 20 - 25%, pues desde octubre de 2012, se puede decir que solamente existe un solo operador en la red aérea interinsular.

BREVE PREÁMBULO SOCIOECONÓMICO DE CANARIAS

Las Islas Canarias cuentan con una población que supera los 2.1 millones de habitantes, a lo que hay que añadirle la población flotante imputable a los turistas, con lo que si le añadiésemos esta última, estaríamos en el entorno de los 2.3 millones de efectivos. Así pues, la demanda del mercado aéreo interinsular canario se puede considerar bastante importante, sobre todo si partimos de la base de la elevada actividad terciaria de la que disfruta el Archipiélago como se puede comprobar en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Principales datos socioeconómicos de Canarias entre 1950 y 2011

Años	Población	Turistas extranjeros	Empleos		
			Sector 1º	Sector 2º	Sector 3º
1960	966.177	69.000	185.025	47.798	113.010
1970	1.125.442	821.000	127.716	90.174	192.205
1981	1.367.669	2.521.500	87.275	93.785	276.583
1991	1.493.784	5.495.000	44.133	96.753	356.168
1996	1.606.549	8.007.118	42.386	91.268	389.295
2001	1.781.366	10.137.202	39.160	109.661	488.370
2006	1.995.833	9.530.039	35.490	182.610	668.720
2011	2.126.769	10.211.080	21.690	92.610	663.950
Variación %	120,12	14.698,67	-88,28	93,75	487,51

Fuente: Instituto Canario de Estadística. Elaboración propia.

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

La importancia pues del transporte aéreo interinsular para el desarrollo socioeconómico de estos territorios fragmentados y alejados es pues vital, como así se recoge en diversa bibliografía (Brookfield, 1980; Coccossis y Nijkamp, 1995; Eurisles, 1996; Gobierno de Canarias, 1998; Hoyle, 1999; Button y Taylor, 2000; Bowen, 2000; Fundación Tomillo, 2001; Guillaumin, 2001; Hernández Luis, 2004; Tzannatos, 2005; Chlomoudis, 2007; Rigas, 2008). Todos estos trabajos, entre otros, tienen en común y como eje conductor, la incidencia que tiene la accesibilidad para el desarrollo socioeconómico, en especial para los espacios insulares.

De todos modos, el aumento del tráfico aéreo dentro del Archipiélago canario varía considerablemente, pues la distribución de la población y de la riqueza varía significativamente. En ello inciden multitud de parámetros: desde causas históricas hasta condicionantes del relieve, desarrollo de las infraestructuras aeroportuarias y portuarias, etc. Esta desigual distribución tiene consecuencias notables en el transporte exterior, pues por ejemplo la demanda de servicios aéreos no son evidentemente las mismas entre todas las islas como se deduce de la lectura del Cuadro 2. Así pues, el hinterland socioeconómico de cada isla va a condicionar la demanda de transporte aéreo, pero también es verdad que algunas -como es el caso de La Gomera o El Hierro-, necesitan de unos niveles mínimos de servicio y que, en principio, por su volumen demográfico y económico, no se justifican.

Tabla 2. Principales parámetros socioeconómicos de Canarias por islas en 2011

Islas	Población	Turistas extranjeros	Valor Añadido Bruto (%)
Tenerife	908.555	3.654.611	43
Gran Canaria	850.391	2.847.732	41
Lanzarote	142.517	1.707.926	6
Fuerteventura	104.072	1.796.385	5
La Palma	87.163	106.800	4
La Gomera	23.076	----	0,5
El Hierro	10.995	----	0,5
<i>Total</i>	<i>2.126.769</i>	<i>10.176.967</i>	<i>100</i>

Fuente: *Instituto Canario de Estadística*. Elaboración propia.

Como decimos, los desequilibrios entre islas son bastante importantes, hecho que incide en una demanda aérea heterogénea según rutas. Así, las islas de Tenerife y Gran Canaria concentran el 83 % de la población, esto es, casi el mismo porcentaje que el Valor Añadido Bruto. El restante 17 % también se distribuye de modo dispar, pues si el 15 % de la población se localiza en las islas de Lanzarote, La Palma y Fuerteventura, apenas el otro 2 % de la población se comparte entre La Gomera y El Hierro. Estos valores, como es evidente, tienen una alta repercusión en el transporte aéreo interinsular, alcanzándose una alta demanda en las líneas Tenerife - Gran Canaria; Gran Canaria - Lanzarote; Gran Canaria - Fuerteventura; y Tenerife - La Palma.

EVOLUCIÓN RECIENTE DEL TRÁFICO INTERINSULAR EN CANARIAS

Para analizar el movimiento de pasajeros en las diferentes líneas interinsulares de Canarias, hemos tomado como referencia el período 2007 - 2012 inclusive. Es una etapa marcada por una fuerte crisis económica, especialmente desde mediado el año 2008 y que, evidentemente, se manifiesta en una reducción del tráfico de pasajeros, pues una buena parte de este movimiento está motivado por los negocios e incluso el ocio o la visita de familiares. Si evidentemente la actividad económica es menor, no se favorece la necesidad de los desplazamientos, así como tampoco el ocio ya que la renta es menor y la visita a los familiares se dilata más en el tiempo.

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Tabla 3. Tráfico regular de pasajeros en las líneas aéreas interinsulares canarias entre 2007 y 2012*

Líneas	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Diferencia % 2007 - 2012
LPA - TFN	722.797	718.018	660.745	643.242	697.930	616.892	-14,65
TFN - SPC	626.831	624.895	592.802	572.695	617.781	530.707	-15,33
LPA - ACE	605.198	589.217	513.279	534.057	588.212	503.076	-16,87
LPA - FUE	630.201	587.468	532.424	522.725	597.312	478.744	-24,03
TFN - ACE	302.792	290.024	240.744	258.548	286.228	259.393	-14,33
TFN - FUE	227.675	217.735	181.660	176.202	193.787	158.059	-30,58
TFN - VDE	151.351	163.532	154.524	142.913	139.524	133.209	-11,99
LPA - SPC	127.209	128.804	112.419	105.464	114.142	91.066	-28,41
LPA - TFS	87.555	96.761	96.082	62.525	56.380	48.443	-44,67
LPA - VDE	25.861	27.267	27.245	26.590	29.481	18.160	-29,78
TFN - GMZ	17.438	17.570	31.489	31.817	31.716	16.952	-2,79
LPA - GMZ	22.480	23.326	2.577	0	0	2.170	-90,35
ACE - SPC	4.853	3.580	3.159	2.934	3.081	1.986	-59,08
SPC - VDE	3.483	696	0	0	224	396	-88,63
SPC - TFS	2.467	645	454	2.325	2.277	0	-100,00
TOTAL	3.558.191	3.489.538	3.149.603	3.082.037	3.358.075	2.859.253	-19,64

* Los códigos aeroportuarios se corresponden con los de las siguientes islas: (ACE: Lanzarote; FUE: Fuerteventura; LPA: Gran Canaria; TFN: Tenerife Norte; TFS: Tenerife Sur; GMZ: La Gomera; SPC: La Palma; VDE: El Hierro).

Fuente: *Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA)*. Elaboración propia.

De este modo, tenemos un descenso significativo de la demanda que representa un 20% menos de tráfico en 2012 con respecto a 2007, aunque hasta 2011 esta caída solo era de algo más del 5%. Así pues, en este último año, esto es, en 2012, la caída del tráfico se ha acentuado principalmente por la desaparición en octubre de ese año de uno de los operadores que copaba hasta entonces un 20% aproximadamente del mercado aéreo interinsular, con especial representación sobre todo en la línea entre Tenerife Norte y La Palma, donde la caída del tráfico en 2012 en esta línea alcanzó el 16%.

No obstante, el transporte marítimo interinsular -debido a las escasas distancias, sobre todo en algunas líneas-, se ha convertido en un fuerte competidor del transporte aéreo interinsular, sobre todo después de la introducción de las embarcaciones de alta velocidad desde finales de los años noventa. Ello, acompañado de numerosas promociones y una relativa alta frecuencia en algunas líneas, ha conseguido que este modo de transporte alcance unas cuotas superiores de demanda en comparación con el modo aéreo, como se demuestra en el Cuadro 4. No obstante, hay que señalar que el tráfico expresado aquí también sufre una caída del 5% entre 2011 y 2012, aunque no es comparable con el retroceso para el mismo período del modo aéreo y que se elevó a un 15%.

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Tabla 4. Tráfico regular de pasajeros en los puertos canarios entre 2011 y 2012

Puertos	2011	2012	Diferencia % 2011 - 2012
Tenerife	2.680.683	2.500.243	-6,73
Gran Canaria	1.425.630	1.470.432	3,14
La Gomera	1.456.683	1.107.313	-23,98
Fuerteventura	1.113.279	1.216.303	9,25
Lanzarote	1.118.245	1.122.076	0,34
La Palma	176.297	179.746	1,96
El Hierro	98.015	72.936	-25,59
TOTAL	8.068.832	7.669.049	-4,95

Fuente: *Instituto Canario de Estadística*. Elaboración propia.

Hay que destacar también una apreciación metodológica de este Cuadro, pues los aproximadamente 8 millones de pasajeros registrados no representan el volumen real de pasaje marítimo entre los puertos de Canarias, pues aquí se contabilizan las entradas y salidas en cada puerto, lo que nos lleva a la duplicidad de cifras. Así pues, realmente estaríamos hablando de un 50% de la cifra expresada aquí. Sin embargo y aún así y para el año 2012, las cifras para el transporte marítimo estarían sobre los 3.8 millones de pasajeros, frente a los 2.8 del modo aéreo, con lo que la cuota de mercado de este último es de aproximadamente un 43%.

ANÁLISIS RECIENTE DE LA OFERTA AÉREA INTERINSULAR

Para el estudio reciente de la oferta aérea interinsular en Canarias, es indispensable que tomemos una referencia temporal que nos sirva como marco comparativo con la situación actual. En este sentido, hemos optado por tomar, en especial, el año 2008, esto es, cuando aún la actual crisis económica no estaba definida y donde además existía una plena competitividad entre dos operadores aéreos, muy diferente por tanto de la situación actual a finales de 2012 y el siguiente año.

Del mismo modo, hay que argumentar que el cambio de programaciones que se produce en las compañías aéreas todos los años -y que podemos resumir entre la de invierno y la del verano-, conlleva ostensibles diferencias desde el punto de vista de la accesibilidad, si bien tomamos como referencia sobre todo la temporada invernal.

Hay que señalar igualmente una gran particularidad del Archipiélago canario y que afecta a la red aérea interinsular canaria, como es la distribución política - administrativa del Archipiélago en dos provincias, hecho éste que repercute significativamente en la distribución de los tráficos. Así pues, las islas de Lanzarote y de Fuerteventura, han quedado adscritas a la isla central de Gran Canaria, constituyendo la provincia de Las Palmas. Por su parte, las islas de La Gomera, El Hierro y La Palma, se han vinculado con Tenerife, en la que se ha denominado como provincia de Santa Cruz de Tenerife. Si bien es cierto que también existe una justificación por temas de cercanía, lo indudable es que los principales tráficos aéreos del Archipiélago se circunscriben dentro de las propias provincias, además de entre las dos islas centrales de Tenerife y Gran Canaria. No obstante y con una justificación más turística, en los últimos años ha aumentado mucho el tráfico radial con la provincia vecina, es decir, con la isla central del otro sector administrativo, como es el caso de los corredores que unen Tenerife con Lanzarote y Fuerteventura, así como Gran Canaria con La Palma. En suma, todo el tráfico aéreo interinsular en Canarias presenta un carácter marcadamente radial, ya sea dentro de la misma provincia o con la adyacente.

Pues bien, en la temporada de invierno de 2008, las frecuencias aéreas medias diarias de ida operadas en la red interinsular canaria, casi alcanzaban un centenar, mientras que en 2012 éstas ya solo eran 66. En particular, el retroceso de las frecuencias fue muy importante entre 2011 y 2012, ya que en octubre

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

de este último año dejó de operar *Islas Airways*, marcando una caída de las frecuencias en toda la red del 29%.

Bien es verdad que este operador mantenía un volumen de frecuencias muy similar a este porcentaje, pero el hueco no fue cubierto por *Binter Canarias* como principal competidor. Es más, entre 2011 y 2012, esta última compañía pasó de casi 68 operaciones diarias a 64, es decir, un 5% menos. Este panorama que en principio parece inexplicable, tiene su aclaración en los bajos índices de ocupación al que se había llegado en el año 2012, como media un 65%, frente al 75 de comienzos del Siglo XXI. Pero también deberíamos destacar la fuerte competitividad del transporte marítimo, que ha restado pasajeros de modo ostensible al modo aéreo.

Hay que destacar no obstante, la introducción de un nuevo operador aéreo en la red interinsular a mediados del año 2012, es decir, *Canary Fly*, si bien esta compañía, que comenzó operando la línea Gran Canaria - La Gomera, a finales de año solo realizaba las rutas desde la isla de Gran Canaria con las de Fuerteventura y Lanzarote, aunque de un modo muy testimonial, pues solo operaba de lunes a viernes inclusive.

Tabla 5. Frecuencias aéreas medias diarias de ida operadas por cada compañía en las líneas interinsulares canarias a 31 de diciembre de 2008, 2011 y 2012

Líneas	<i>Binter Canarias</i>			<i>Islas Airways</i>			<i>Canary Fly</i>			<i>Total</i>		
	2008	2011	2012	2008	2011	2012	2008	2011	2012	2008	2011	2012
LPA-TFN	18,14	16,14	16,43	3,43	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00	21,57	19,71	16,43
TFN-SPC	12,57	11,00	9,86	6,86	6,86	0,00	0,00	0,00	0,00	19,43	17,86	9,86
LPA-FUE	9,57	10,14	8,71	5,57	5,00	0,00	0,00	0,00	0,86	15,14	15,14	9,57
LPA-ACE	11,29	10,71	10,00	3,29	4,86	0,00	0,00	0,00	0,86	14,58	15,57	10,86
TFN-FUE	4,14	3,00	3,29	2,00	1,29	0,00	0,00	0,00	0,00	6,14	4,29	3,29
TFN-ACE	5,71	6,14	5,14	0,29	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	7,85	5,14
TFN-VDE	4,00	3,86	4,14	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,15	4,14
LPA-SPC	2,71	2,43	2,29	0,86	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	3,14	2,29
LPA-TFS	2,00	2,00	1,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	1,29
TFN-GMZ	2,00	1,43	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	1,43	2,00
LPA-GMZ	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71	0,00	0,00
LPA-VDE	1,00	1,00	1,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,29	1,00
<i>Total</i>	<i>74,84</i>	<i>67,85</i>	<i>64,15</i>	<i>22,30</i>	<i>24,58</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>1,72</i>	<i>97,14</i>	<i>92,43</i>	<i>65,87</i>

Fuente: *Horarios de las compañías aéreas*. Elaboración propia.

Entre enero y mayo de 2013, la tónica ha sido muy similar a la experimentada a finales de 2012, pues las compañías aéreas que servían vuelos regulares entre las Islas (*Binter Canarias* y *Canary Fly*), operaron algo más de 41 mil frecuencias de “ida y vuelta”, frente a las casi 55 mil del mismo período del año anterior, resultando una oferta de frecuencias un 25% inferior. Así pues, la ausencia de competitividad real a finales de 2012, ha tenido como consecuencia no solamente la pérdida de frecuencias del operador que cesó en el servicio, sino que incluso también *Binter Canarias* ha disminuido en un 5% sus frecuencias, pues al no existir ahora competitividad en franjas horarias, los pasajeros se tienen que adaptar específicamente a los horarios ofrecidos por el único operador, si exceptuamos, como decíamos, la aportación testimonial de *Canary Fly*.

En términos de asientos aéreos, puesto que estamos trabajando básicamente con la misma flota en los tres años analizados, los porcentajes de variación son idénticos con respecto a las frecuencias. No obstante, ello supone una caída de la oferta diaria de más de 2.200 plazas, protagonizadas muchas de ellas, como tendremos la ocasión de señalar, en franjas horarias muy importantes para los desplazamientos interinsulares, como son las de primeras y últimas horas del día.

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Tabla 6. Asientos medios diarios aéreos de ida operados por cada compañía en las líneas interinsulares canarias a 31 de diciembre de 2008, 2011 y 2012

Líneas	<i>Binter Canarias</i>			<i>Islas Airways</i>			<i>Canary Fly</i>			<i>Total</i>		
	2008	2011	2012	2008	2011	2012	2008	2011	2012	2008	2011	2012
LPA-TFN	1.306	1.162	1.183	247	257	0	0	0	0	1.553	1.419	1.183
TFN-SPC	905	792	710	494	494	0	0	0	0	1.399	1.286	710
LPA-FUE	689	730	627	401	360	0	0	0	62	1.090	1.090	689
LPA-ACE	813	771	720	237	350	0	0	0	62	1.050	1.121	782
TFN-FUE	298	216	237	144	93	0	0	0	0	442	309	237
TFN-ACE	411	442	370	21	123	0	0	0	0	432	565	370
TFN-VDE	288	278	298	0	21	0	0	0	0	288	299	298
LPA-SPC	195	175	165	62	51	0	0	0	0	257	226	165
LPA-TFS	144	144	93	0	0	0	0	0	0	144	144	93
TFN-GMZ	144	103	144	0	0	0	0	0	0	144	103	144
LPA-GMZ	123	0	0	0	0	0	0	0	0	123	0	0
LPA-VDE	72	72	72	0	21	0	0	0	0	72	93	72
<i>Total</i>	<i>5.388</i>	<i>4.885</i>	<i>4.619</i>	<i>1.606</i>	<i>1.770</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>124</i>	<i>6.994</i>	<i>6.655</i>	<i>4.743</i>

Fuente: *Horarios de las compañías aéreas*. Elaboración propia.

En un análisis más actualizado, esto es, entre enero y mayo de 2013, las compañías aéreas que operaban vuelos regulares entre las Islas (*Binter Canarias* y *Canary Fly*), ofertaron 1,49 millones de plazas de “ida y vuelta”, frente a las 1,97 del mismo período del año anterior, esto es, medio millón de plazas menos.

Bien es verdad que los factores de ocupación en la pasada década cayeron sustancialmente, pues cuando entró en operatividad la compañía *Islas Airways* en el año 2003, los índices de ocupación cayeron 14 puntos porcentuales con respecto a 2002, en concreto hasta un 61 % en toda la red interinsular, para recuperarse paulatinamente desde entonces. Es más, desde entonces, el nuevo operador se ganó progresivamente la confianza de la clientela, manifestándose en los citados índices, hasta el punto de que en 2007, solo le distanciaba cuatro puntos de su competidor, cuando en el primer año de coexistencia los separaban 30 puntos. De todos modos, la mencionada plena competitividad entre los dos operadores, y que alcanzó los diez puntos porcentuales entre 2002 y 2007, se estabilizó a partir de este último año entorno al 65%, aunque con variaciones más o menos significativas según las líneas como podemos apreciar en la Tabla 7.

En cualquier caso, tenemos que las líneas de baja densidad de tráfico, como por ejemplo Tenerife Norte - La Gomera; Gran Canaria - El Hierro; o Gran Canaria - Tenerife Sur, no alcanzaron siquiera el 50% de ocupación en 2011, debido sobre todo a la utilización de aeronaves de alta capacidad para estas líneas y la existencia de una sola frecuencia diaria que no favorecía la ida y retorno en la misma jornada. En cualquier caso y sin duda, la ruta de alta densidad más beneficiada con la introducción en 2003 de *Islas Airways*, fue Tenerife Norte - La Palma, que entre 2002 y 2011 redujo en casi 20 puntos porcentuales el coeficiente de ocupación.

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Tabla 7. Factores de ocupación de los asientos aéreos en la red interinsular canaria entre 2002 y 2011 (en %)

Líneas	Años			Variación % 2002 - 2011*
	2002	2007	2011	
Gran Canaria - Tenerife Norte	72,44	67,23	66,95	-7,58
Tenerife Norte - La Palma	81,65	63,53	63,17	-22,63
Gran Canaria - Lanzarote	80,65	62,75	67,13	-16,76
Gran Canaria - Fuerteventura	77,29	67,97	67,63	-12,50
Tenerife Norte - Lanzarote	77,68	60,48	71,27	-8,25
Tenerife Norte - El Hierro	70,39	68,02	63,80	-9,36
Tenerife Norte - Fuerteventura	76,39	61,08	65,50	-14,26
Gran Canaria - La Palma	67,74	91,76	61,62	-9,03
Gran Canaria - Tenerife Sur	79,49	58,52	47,86	-39,79
Gran Canaria - La Gomera	55,00	62,86	---	---
Tenerife Norte - La Gomera	44,44	62,96	30,65	-31,03
Gran Canaria - El Hierro	75,00	61,90	46,36	-38,19
La Palma - Lanzarote	83,33	62,50	52,21	-37,35
<i>Total</i>	<i>74,55</i>	<i>64,46</i>	<i>65,00</i>	<i>-12,81</i>

Fuente: *Departamentos comerciales de las compañías Binter Canarias e Islas Airways*. Elaboración propia.

De modo más reciente, y distribuido por operadores, los coeficientes de ocupación cayeron particularmente para *Islas Airways* en 2011 y 2012, siendo uno más de los factores que coadyuvaron al cese de operaciones en octubre de este último año, hasta el punto de que en 2012 siquiera alcanzó el 55%, mientras su competidor mantenía índices cercanos al 70%. A mitad de año de 2012, *Canary Fly* comienza operando la línea Gran Canaria - La Gomera, para abandonarla más tarde e introducirse en diciembre en los corredores Gran Canaria - Fuerteventura y Gran Canaria - Lanzarote, aunque como se puede observar en el Cuadro 8, con un éxito bastante limitado, pues sus índices de ocupación no llegaron al 10%.

Tabla 8. Factores de ocupación de los operadores aéreos interinsulares canarios en los distintos aeropuertos en 2011 y 2012

Aeropuertos	2011		2012		
	<i>Binter</i>	<i>Islas</i>	<i>Binter</i>	<i>Islas</i>	<i>Canary Fly</i>
Lanzarote	74,25	60,39	74,63	54,47	7,22
Fuerteventura	72,22	59,22	72,11	56,39	8,15
Gran Canaria	69,97	55,40	70,54	53,17	14,12
Tenerife Norte	67,30	57,45	68,26	54,59	---
Tenerife Sur	48,20	34,20	45,67	---	---
La Gomera	30,89	---	24,63	---	35,92
La Palma	64,65	61,18	68,30	58,80	---
El Hierro	61,04	51,98	58,69	50,16	---
<i>Total</i>	<i>68,24</i>	<i>57,87</i>	<i>69,06</i>	<i>54,93</i>	<i>18,82</i>

Fuente: *Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA)*. Elaboración propia.

Entre enero y mayo de 2013 inclusive, *Binter Canarias* obtuvo un coeficiente de ocupación del 68% y *Canary Fly* un 23%. Son pues índices relativamente aceptables para la red de transporte aéreo intercanario si exceptuamos los de *Canary Fly*, donde con dichos índices es muy complicado que pueda mantener su continuidad operativa.

Pero por otro lado, cabría destacar la accesibilidad horaria que proporciona la disponibilidad de asientos en las horas punta en los trayectos interinsulares, es decir, sobre todo en las primeras y

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

últimas horas del día, pues ello está en consonancia con la demanda de viajes de ida y vuelta en la misma jornada, al igual que un viajero *commuter* de ferrocarril, autobús, etc.

En efecto, hay que argumentar que la oferta media de asientos en las horas punta de la red aérea interinsular, ha disminuido considerablemente en los últimos años, contribuyendo a aumentar la falta de accesibilidad en estas franjas horarias. Nos estamos refiriendo especialmente a las primeras horas de la mañana comprendidas entre las 07.00 y las 08.30 horas, así como a las últimas de la tarde - noche, es decir, a partir de las 20.00 horas. De esta manera, si en la red interinsular se ofrecían entre las 07.00 y las 08.30 horas y en la temporada de invierno 2007 - 2008, unas 1.850 plazas, en la homónima de 2012 - 2013, la oferta ya había descendido a menos de 1.650, es decir, un 11% menos. De igual modo, en la tarde - noche, el decremento rondaba casi el 50%, ofreciéndose en este caso poco más de mil asientos en la última temporada.

Pero lo más revelador, es que el significativo deterioro de la disponibilidad de asientos en estas franjas horarias de mayor demanda, vendrá en el periodo en que deja de operar *Islas Airways*, es decir, en la temporada 2012 - 2013. En efecto, si comparamos las temporadas de invierno 2007 - 2008 con la de 2012 - 2013, podemos apreciar cómo en estos años se producen descensos muy significativos en algunas rutas de disponibilidad de asientos que superan el 30%, incluso en líneas de alta densidad, como por ejemplo el sentido Fuerteventura - Gran Canaria entre las 07.00 y las 08.30 horas, que pierde más de un 40% de asientos, precisamente en una franja horaria, como es ésta de la mañana donde, de modo cualitativo, es más importante aún esta franja horaria en comparación con las últimas de la tarde. En peor situación aún queda el sentido de línea La Palma - Tenerife Norte, que pierde casi el 60% de los asientos en esta primera franja horaria del día. En la franja horaria a partir de las 20.00 horas, cabría mencionar los sentidos de línea Gran Canaria - Fuerteventura y Lanzarote - Gran Canaria, con pérdidas de asientos superiores al 60%, precisamente en unas rutas que superan los 500 mil pasajeros al año de ida y vuelta cada una de ellas.

Tabla 9. Oferta media regular por día laboral de asientos aéreos en las franjas horarias de mayor demanda en Canarias (2007 - 2013)

	Temporadas de operatividad				Variación % 2007 / 2008 a 2012 / 2013	
	Invierno 2007 / 2008		Invierno 2012 / 2013			
	Líneas	07.00 – 08.29 h.	20.00 h. y +	07.00 – 08.29 h.	20.00 h. y +	07.00 – 08.29 h.
Gran Canaria - Tenerife N.	262	159	202	144	-22,90	-9,43
Tenerife N. - Gran Canaria	108	211	202	144	87,04	-31,75
Gran Canaria - Tenerife S.	72	72	0	0	-100,00	-100,00
Tenerife S. - Gran Canaria	72	72	14	14	-80,56	-80,56
Gran Canaria - Lanzarote	201	159	216	72	7,46	-54,72
Lanzarote - Gran Canaria	149	226	144	72	-3,36	-68,14
Gran Canaria - Fuerteventura	164	211	144	72	-12,20	-65,88
Fuerteventura - Gran Canaria	123	257	72	158	-41,46	-43,97
Gran Canaria - La Palma	72	72	72	0	0,00	-100,00
La Palma - Gran Canaria	0	72	0	72	---	0,00
Gran Canaria - La Gomera	19	0	0	0	-100,00	---
La Gomera - Gran Canaria	0	0	0	0	---	---
Gran Canaria - El Hierro	58	0	0	0	-100,00	---
El Hierro - Gran Canaria	0	0	0	0	---	---
Tenerife N. - Lanzarote	144	26	72	0	-50,00	-100,00
Lanzarote - Tenerife N.	0	113	72	72	---	-36,28
Tenerife N. - Fuerteventura	51	31	72	0	41,18	-100,00
Fuerteventura - Tenerife N.	0	103	72	72	---	-30,10
Tenerife N. - La Palma	144	144	144	86	0,00	-40,28
La Palma - Tenerife N.	175	144	72	86	-58,86	-40,28

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Tenerife N. - El Hierro	72	0	72	0	0,00	---
El Hierro - Tenerife N.	0	0	0	0	---	---
Tenerife N. - La Gomera	0	0	0	0	---	---
La Gomera - Tenerife N.	19	0	0	0	-100,00	---
<i>Total</i>	<i>1847</i>	<i>2072</i>	<i>1.642</i>	<i>1.064</i>	<i>-11,10</i>	<i>-48,65</i>

Fuente: *Horarios de Binter Canarias, Islas Airways y Canary Fly*. Elaboración propia.

Por otro lado, si comparamos el tiempo máximo disponible de los pasajeros aéreos fruto de las conexiones horarias entre 2008 y 2012, se puede llegar a resultados verdaderamente esclarecedores de cómo ha variado la accesibilidad horaria, especialmente tras el cese de operaciones de *Islas Airways* en 2012.

En efecto, podemos argumentar que la accesibilidad horaria es un factor de integración territorial en Canarias, sobre todo partiendo de la base de que, como ya indicábamos, un gran porcentaje de los viajes aéreos interinsulares tienen un carácter pendular, es decir, el retorno a la isla de origen se realiza en la misma jornada. Así pues, desde el punto de vista de una accesibilidad horaria óptima, cuantas más frecuencias existan y a su vez la dispersión de éstas sea más equitativa a lo largo del día -ponderado con las fluctuaciones de la demanda, y acompañado de una amplia separación horaria entre la primera frecuencia en un sentido y la última en el inverso-, más beneficioso será para la demanda, pues ello facilitará los desplazamientos, sin riesgo de que el viajero se vea obligado a tener que sufragarse los gastos imputables a una pernoctación en el destino (al menos el coste del alojamiento, las dietas alimenticias e incluso la pérdida de una o varias horas laborables del día siguiente).

Pues bien, el tiempo disponible de un viajero en la isla visitada es producto de aprovechar al máximo la oferta de frecuencias previamente planificada por el viajero y en el supuesto de que éste pueda obtener un asiento en las frecuencias que le permiten un mayor tiempo de estancia en el destino. Para ello, siempre tomamos como referencia la primera frecuencia de ida (La Palma - Tenerife Norte por ejemplo) y la vuelta la misma jornada en la última frecuencia, lógicamente en sentido inverso (Tenerife Norte - La Palma en este caso). Se trataría en este ejemplo de la disponibilidad de tiempo en la isla de Tenerife de un residente habitual en la isla de La Palma. A todo ello hay que deducirle los tiempos de acceso terrestre a la capital insular de la isla a la que se arriba, enclave donde con mayor probabilidad se realizará la gestión motivo del desplazamiento. Estos accesos varían ostensiblemente según las islas, pues aparte de la distancia y las circunstancias de las vías que condicionan los tiempos de transporte, la congestión en ciertas horas -especialmente entre las 07.00 y las 09.00 horas en las dos islas centrales-, se ha tenido en consideración. Así, para la llegada de la primera frecuencia matutina en el sentido Gran Canaria - Tenerife Norte de las 07.30 horas, hemos considerado unos 45 minutos desde el aeropuerto de Tenerife Norte hasta la capital de la Isla, frente a los 30 minutos habituales o incluso menos. De igual manera, en la vuelta hay que considerar un tiempo de acceso al aeropuerto, más el de la facturación (unos 30 minutos como mínimo para todas las líneas). Por tanto, solo se puede considerar como tiempo disponible, aquél que queda excluido del propio desplazamiento interinsular (aéreo y también terrestre), es decir, desde que el viajero llega a la capital de destino hasta que la abandona, no de aeropuerto a aeropuerto.

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Tabla 10. Tiempo máximo disponible de los pasajeros aéreos en las líneas interinsulares canarias en días laborables a 31 de diciembre de 2008 y de 2012 (en horas y minutos)*

Líneas	31 diciembre 2008	31 diciembre 2012	Diferencia en minutos
Gran Canaria - Tenerife Norte	11 h. 45 m.	11 h. 45 m.	0
Tenerife Norte - Gran Canaria	11 h. 30 m.	11 h. 30 m.	0
Gran Canaria - Lanzarote	13 h. 00 m.	11 h. 35 m.	-85
Lanzarote - Gran Canaria	12 h. 45 m.	11 h. 35 m.	-70
Gran Canaria - Fuerteventura	13 h. 45 m.	12 h. 20 m.	-85
Fuerteventura - Gran Canaria	11 h. 25 m.	09 h. 55 m.	-90
Gran Canaria - La Palma	12 h. 10 m.	11 h. 40 m.	-30
La Palma - Gran Canaria	09 h. 00 m.	08 h. 40 m.	-20
Tenerife Norte - Lanzarote	11 h. 00 m.	10 h. 40 m.	-20
Lanzarote - Tenerife Norte	07 h. 05 m.	07 h. 50 m.	45
Tenerife Norte - Fuerteventura	11 h. 10 m.	11 h. 00 m.	-10
Fuerteventura - Tenerife Norte	07 h. 15 m.	07 h. 00 m.	-15
Tenerife Norte - El Hierro	08 h. 15 m.	07 h. 55 m.	-20
El Hierro - Tenerife Norte	05 h. 40 m.	05 h. 40 m.	0
Tenerife Norte - La Gomera	05 h. 30 m.	05 h. 30 m.	0
La Gomera - Tenerife Norte	06 h. 15 m.	04 h. 15 m.	-120
Tenerife Norte - La Palma	11 h. 45 m.	11 h. 45 m.	0
La Palma - Tenerife Norte	10 h. 50 m.	09 h. 45 m.	-65
Media	10 h. 00 m.	09 h. 28 m.	-32

* Sólo se han considerado las líneas con dos o más frecuencias diarias en cada sentido en ambas fechas.

Fuente: *Horarios de Binter Canarias, Islas Airways y Canary Fly*. Elaboración propia.

Partiendo de esta consideración teórica, el Cuadro 10 es muy representativo de cómo se ha deteriorado la red aérea interinsular desde el punto de vista del tiempo máximo disponible del que disfrutaban los pasajeros entre unas islas y otras en una misma jornada. De este modo, entre 2008 y 2012, la disponibilidad máxima de tiempo ha disminuido en 32 minutos. Sin embargo, algunas rutas como las que conectan Gran Canaria con Lanzarote y con Fuerteventura, han disminuido en este período su tiempo máximo disponible en la isla visitada en más de 80 minutos, hecho realmente grave tratándose de líneas de alta densidad de tráfico, al igual que el sentido La Palma - Tenerife Norte que pierde más de 60 minutos.

Por último, vamos a ocuparnos del sistema tarifario como parámetro también muy importante desde el punto de vista de la accesibilidad de la población a este modo de transporte. Así, habría que comentar que los residentes en las Islas Canarias disfrutaban desde los años sesenta de una subvención a los desplazamientos aéreos que realizan entre las Islas y con el resto del Estado español, destinada a sufragar el sobre precio que supone la fragmentación territorial imputable a la insularidad. Hasta el verano de 1998, dicha subvención entre Islas se situaba exactamente en el 10 % sobre cualquier tarifa. En ese año escaló hasta un 33 %, permaneciendo en ese porcentaje hasta 2005 en que ya era del 38 %. Posteriormente, en 2006 subió hasta un 45 % del coste del billete, para situarse por último en el actual 50 % desde enero de 2007. Ha sido por tanto una política muy positiva desde el punto de vista de la accesibilidad económica, incidiendo en una mayor integración territorial, sobre todo para el residente en las Islas. Sin embargo, para el no residente, por tanto sin derecho a la subvención comentada (por ejemplo un turista), el coste del desplazamiento aéreo de ida y vuelta entre una y otra isla puede suponer fácilmente un gasto tan importante -o incluso más-, como el que previamente ha podido desembolsar entre Centroeuropa y Canarias, con retorno incluido, de ahí que los movimientos turísticos de los extranjeros entre islas se limiten al máximo, a menos que se trate de islas muy cercanas donde tiene un alto protagonismo el transporte marítimo, como por ejemplo entre Lanzarote y Fuerteventura, además de Tenerife - La Gomera.

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Tabla 11. Evolución de las tarifas de pasajeros residentes de ida en la línea Tenerife Norte - Gran Canaria a 31 de diciembre entre 1997 y 2012 (en euros corrientes)*

Años	<i>Binter Canarias</i>	<i>Islas Airways</i>	Variación % sobre el año anterior	Variación % de la inflación sobre el año anterior
1997	33,67	----	----	----
1998	25,54	----	-24,15	1,4
1999	26,17	----	2,47	2,9
2000	27,25	----	4,13	4,0
2001	28,34	----	4,00	2,7
2002	31,45	----	10,97	4,0
2003	31,66	33,70	0,67	2,6
2004	33,27	33,37	5,09 (-0,98)**	3,2
2005	31,79	31,49	-4,45 (-5,63)**	3,7
2006	28,60	28,70	-10,03 (-8,86)**	2,7
2007	29,50	28,00	3,15 (-2,44)**	4,2
2008	33,75	29,75	14,41 (6,25)**	1,4
2009	33,75	29,75	0,00 (0,00)**	0,8
2010	34,50	30,35	2,22 (2,02)**	3,0
2011	35,75	31,15	3,62 (2,64)**	2,4
2012	37,31	---	4,36	0,9
<i>Variación % 1997 - 2012</i>	<i>10,81</i>	----	----	<i>39,9</i>

* Tarifas en clase turista sin descuentos de promoción. Se incluyen los descuentos imputables al incremento de las deducciones por residencia, al igual que los cargos por las tasas aeroportuarias y gestión de los boletos, introducidos solo en este último caso por *Binter Canarias* desde enero de 2008.

** Los porcentajes de variación de las tarifas entre paréntesis se corresponden con las de *Islas Airways*.

Fuente: *Departamentos comerciales de Binter Canarias e Islas Airways*. Elaboración propia.

No obstante, como se podrá comprobar en la Tabla 11 donde se expone la evolución de las tarifas aéreas para los residentes en la línea Tenerife Norte - Gran Canaria, es decir, la de mayor tráfico de la red interinsular -recogiéndose también los progresivos descuentos por residencia-, queda patente que la subvención a pesar de tener un gran impacto en las tarifas, por ejemplo entre 1997 y 1998, se diluye paulatinamente como consecuencia de un incremento de tarifas mayor en comparación con la inflación. En efecto, las tarifas suben un 20 % entre 1999 y 2002 inclusive, mientras que la inflación no alcanzó el 14 % para este periodo. Va a ser pues, la introducción de un nuevo operador en 2003 el que termine por invertir esta situación, pues entre 2003 y 2004, años en los que operaban las dos compañías, las tarifas aumentaron de acuerdo con la inflación. Incluso cabría destacar los descensos de tarifas consecutivos de los años 2005 y 2006 y que alcanzaban el 15%. En suma, entre los años en que estuvo operando *Islas Airways* (2003 - 2012), las tarifas en esta ruta aumentaron un 13% para el caso de *Binter Canarias*, mientras que *Islas Airways* incluso las depreció en un 8% y todo ello en un contexto inflacionista del 24%. En el último año, es decir, en 2012, tras la desaparición de *Islas Airways*, la subida tarifaria superó el 4%, esto es, más de tres puntos porcentuales por encima de la inflación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este apartado lo vamos a resumir brevemente desde una perspectiva sostenible desde el punto de vista del desarrollo de la red aérea interinsular.

Pues bien, la sostenibilidad se puede entender desde muy diversas formas (ambiental, económica, laboral, etc.). Pero fundamentalmente vamos a abordar aquí la sostenibilidad del sistema aéreo interinsular canario desde el punto de vista del residente en las Islas que, de un modo más o menos frecuente, necesita desplazarse de una isla a otra por motivos muchas veces apremiantes (sanitarios,

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

negocios, laborales, administrativos, etc.). Bien es verdad que un índice de ocupación del 90% o más de una aeronave, es más sostenible desde el punto de vista ambiental que un 60%, pero sin embargo dicho nivel de ocupación no ofrece una integración territorial desde el punto de vista de la accesibilidad, pues no estaría facilitando la movilidad.

Por todo ello, vamos a exponer, de modo muy sintetizado y breve, unos seis parámetros que deberían ser los principios básicos de la eficiencia y de la sostenibilidad del transporte aéreo interinsular canario, en aras de la consecución de una mínima accesibilidad y a la que, sin duda, contribuiría la entrada en operatividad de una segunda compañía con una cuota mínima de mercado del 20 - 25%.

- 1.- Garantizar una oferta de asientos acorde a la demanda en las primeras y últimas franjas horarias del día.
- 2.- Operaciones en los diferentes sentidos de ruta en horarios matutinos muy tempranos para así favorecer la accesibilidad a los distintos motivos de desplazamientos.
- 3.- Utilización como mínimo de dos frecuencias diarias en cada sentido dentro de cada ruta, para así beneficiar el *round trip* dentro de la misma jornada.
- 4.- Empleo de aeronaves adaptadas a la demanda, especialmente en aquellas rutas de baja densidad, pues ello favorecería la operación de dos o más frecuencias por día.
- 5.- Factores de ocupación inferiores al 75%, especialmente en las franjas horarias de mayor demanda, pues un coeficiente mayor puede implicar falta de accesibilidad.
- 6.- Tarifas sujetas a la inflación, siendo más reducidas para aquéllos ciudadanos que residen en islas no capitalinas y que, por tanto, necesitan de una mayor movilidad.

CONCLUSIONES

El transporte aéreo es un elemento vital para el desarrollo de cualquier territorio, pero más aún si éste es insular como es el caso que abordamos en este trabajo.

Pues bien, en este trabajo analizamos la red aérea interinsular canaria con posterioridad al año 2002, pues un año más tarde entró en operación *Islas Airways*, compitiendo directamente con la compañía tradicional: *Binter Canarias*. Así pues, *Islas Airways* creó un nuevo mercado para unos pasajeros que antes no se encontraban incentivados a viajar debido a la inexistencia de tarifas en promoción, escasez de frecuencias, horarios inadecuados, etc. Con la suficiente perspectiva, desde 2003 hasta que cesó las operaciones en 2012, podemos decir que el gran beneficiado de esta situación en competencia lo fue el residente en Canarias que toma habitualmente un avión para desplazarse entre las Islas, pues también la disponibilidad de plazas es mayor, incluso con una caída importante de los índices de ocupación, pues si en 1999 eran de un 79 %, en 2007 ya había descendido a un 64 %, si bien ello significa un desaprovechamiento energético, entre otras cuestiones, ciertamente inadmisibles dentro del actual contexto de control de emisiones impuesto por el Protocolo de Kyoto (Hernández Luis, 2008). Del mismo modo, constatamos que aumentó el tiempo de estancia en la isla de destino dentro de un viaje de ida y vuelta en la misma jornada. Con ello disminuye el riesgo de que, por escasa disponibilidad de tiempo, el pasajero tenga que pernoctar en destino, aumentando entonces -y de modo considerable a veces-, el coste global del desplazamiento (precio del boleto aéreo, transporte terrestre, noche de hotel, dietas alimenticias, etc.).

Sin embargo, desde el cese de operaciones de esta segunda compañía, la reducción de frecuencias aéreas interinsulares se ha hecho palpable, particularmente en las franjas horarias de mayor demanda, a lo que hay que añadirle un ostensible incremento de los factores de ocupación y de las tarifas, al igual que una reducción del tiempo disponible en la isla de destino. Por todo ello, concluimos con una

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

serie de parámetros que deberían ser los principios básicos de la eficiencia y de la sostenibilidad del transporte aéreo interinsular canario, en aras de la consecución de una mínima accesibilidad, como es la actuación en las frecuencias, tipología de aeronave, sistema tarifario, etc.

REFERENCIAS

Antón Burgos, F. J., “Hacia una nueva estructuración del tercer nivel aéreo en España”, Antón Burgos y Sánchez Moral, eds.: *Comercio, servicios y transporte. Patrones de una sociedad avanzada*, Madrid, 2008.

Bowen, J., “Airline hubs in Southeast Asia: national economic development and nodal accessibility”, *Journal of Transport Geography*, 8 (1), 2000.

Brookfield, H. C., “The transport factor in island development”, in Shand, R. T. (Ed.), *The Island States of the Pacific and Indian Oceans: Anatomy of Development*, Development Studies Centre, Monograph nº 23, Australian National University, Canberra. 1980.

Button, K. J. y Taylor, S., “International air transportation and economic development”, *Journal of Air Transport Management*, 6 (4), 2000.

Chlomoudis, C. I., “The liberalisation of maritime transport and the island regions in EU. Evidence from Greece”, *European Transport*, 37, 2007.

Coccossis, H. y Nijkamp, P. (Eds.), “Overcoming isolation: information and transportation networks in development strategies for peripheral areas”, Springer, Berlin, Commission of the European Communities, 1995, Trans-European Transport Networks, Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo.

Comisión Europea, “La política europea de transportes de cara a 2010: la hora de la verdad”. Ed. Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, 2001.

Comisión Europea, “Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente”, Ed. Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, 2006.

Comisión Europea, “Libro Verde sobre la cohesión territorial. Convertir la diversidad territorial en un punto fuerte”, Ed. Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, 2008.

Eurisles, “Los sistemas de transportes en islas”, Ed. L'Harmattan, París, 1996.

Fundación Tomillo, “Los costes de ultraperiferia de la economía canaria”, Consejería de Economía, Hacienda y Comercio, Santa Cruz de Tenerife, 2001.

Gobierno de Canarias, “El transporte interinsular canario “transporte aéreo”. Consejería de Turismo y Transportes, Las Palmas de Gran Canaria (inédito), 1985.

Gobierno de Canarias, “Libro Blanco de los transportes en Canarias”, Ed. Consejería de Turismo y Transportes, Las Palmas de Gran Canaria, 1998.

Gobierno de Canarias, “Los costes de ultraperiferia de la economía canaria”, Ed. Consejería de Economía, Hacienda y Comercio, Santa Cruz de Tenerife, 2001.

Gobierno de Canarias, “Eje Transinsular de Infraestructuras del Transporte de Canarias”, Consejería de Infraestructuras, Transportes y Vivienda, Las Palmas de Gran Canaria, 2005.

José Ángel Hernández - La conectividad como factor de sostenibilidad de la red aérea interinsular...

Guillaumin, M. P., “La dimension ultraperipherique de la Union Europeenne”, <http://www.eurisles.com>, 2001.

Hernández Luis, J. A., “Transporte aéreo, integración territorial y desarrollo socioeconómico en Canarias”, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 1994.

Hernández Luis, J. Á., “El transporte aéreo en el contexto socioeconómico de Canarias”, *Boletín Millares Carlo*, nº 15, 1996.

Hernández Luis, J. Á., “Accesibilidad horaria en el transporte interinsular aéreo de Canarias”, *Revista Estudios de Construcción y Transportes*, nº 89, Ministerio de Fomento, 2000.

Hernández Luis, J. Á., “Condicionantes del transporte marítimo Península -Canarias en el marco de la Red Transeuropea de Transportes”, *Revista Estudios de Construcción y Transportes*, nº 92, Ministerio de Fomento, 2001.

Hernández Luis, J. Á., “Temporal accessibility in archipelagos: inter-island shipping in the Canary Islands”, *Journal of Transport Geography*, 10 (3), 2002 a.

Hernández Luis, J. Á., “La obligación de servicio público en transportes como instrumento de cohesión territorial”, *Revista Estudios de Construcción y Transportes*, nº 97, Ministerio de Fomento, 2002 b.

Hernández Luis, J. Á., “El transporte exterior en Fuerteventura”, Ed. Excmo. Cabildo Insular de Fuerteventura, Puerto del Rosario, 2002.

Hernández Luis, J. Á., “El transporte exterior en La Palma”, Ed. Excmo. Cabildo Insular de La Palma, Santa Cruz de La Palma, 2003.

Hernández Luis, J. Á., “The role of inter-island air transport in the Canary Islands”, *Journal of Transport Geography*, 12 (3), 2004.

Hernández Luis, J. Á., “Plan estratégico del transporte exterior de La Gomera”, Excmo. Cabildo Insular de La Gomera, (Inédito), 2005.

Hernández Luis, J. Á., “Turismo de masas y transporte: el gran reto del turismo del Siglo XXI”, *Scripta Nova*, Vol. XII. nº 258, Barcelona, 2008.

Hoyle, B. S., Knowles, R. D., “Modern Transport Geography”, 2ª Edición. Ed. Wiley, Chichester, 1998.

Hoyle, B. S., “Islands, transport and development”, Biagini, E. Hoyle, B. S. (eds.), *Insularity and Development: International Perspectives on Islands*, Ed. Pinter, 1999, London, 1999.

Murillo Fort, C. et Al., “Coste de la insularidad en Canarias”. Ed. Consejería de Economía y Hacienda del Gobierno de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria, 1992.

Rigas, K., “Boat or airplane? Passengers’ perceptions of transport services to islands. The example of the Greek domestic leisure market”, *Journal of Transport Geography*, 2009, 17 (1).

EFFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

Herrera Madrid, Isaac (a)

(a) Estudiante Magister en Economía, Especialista en Organización Industrial del
Transporte Aéreo, Asesor en Revenue Management para la Aerolínea Easyfly S.A,
Bogotá, Colombia

Email: herreramadrid@gmail.com

RESUMEN

El transporte aéreo se caracteriza por ser una industria oligopólica, y esto genera preocupación sobre los índices de concentración, las tarifas aéreas y el poder de mercado. Este trabajo analiza la concentración y el poder de mercado en Colombia, empleando la metodología de Bresnahan-Lau, en el periodo de enero de 2004 a diciembre de 2011. Se encontró que disminuyó la tarifa promedio, así como la concentración del mercado, y que las aerolíneas no ejercen poder de mercado en ninguna de las rutas estudiadas. Además, se logró identificar que la política regulatoria en sí no afectó los precios del mercado. No obstante, sí propició un aumento de la competencia al generar el marco regulatorio para la entrada de nuevos operadores con capacidad para ofrecer bajos precios. Lo anterior genera implicaciones para la regulación, de cara a una mayor liberalización, no solo del sistema tarifario, sino del acceso a las rutas aéreas.

ABSTRACT

Air transport is characterized as an oligopolistic industry; such characterization raises concerns about the concentration indices, fares and market power. This paper analyzes the concentration and market power in Colombia, using the Bresnahan-Lau methodology for the period from January 2004 to December 2011. It was found that the average rate was decreased and market concentration and airlines do not exercise market power in any of the routes already studied. Furthermore, we found that regulatory policy itself did not affect market prices. However, it led to increased competition because the regulatory framework for the entry of new operators is able to offer low prices. This generates implications for the regulation, in order to further liberalization, not only the tariff system, but access to routes.

Palabras Claves: Organización Industrial, poder de mercado, concentración de mercado, transporte aéreo.

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

I. INTRODUCCIÓN

Durante la última década, la Aeronáutica Civil de Colombia realizó varios cambios regulatorios en el sector aéreo con el fin de mejorar la competitividad, entre los cuales se encuentra la eliminación del piso de la banda tarifaria¹. Este cambio regulatorio pudo tener efectos sobre la entrada y la salida de operadores del mercado de transporte aéreo de pasajeros, la competencia en las rutas troncales² y secundarias³, el ejercicio de poder de mercado y, por tanto, en los precios ofrecidos al público. Por lo anterior, analizar el comportamiento de este mercado en la última década es de particular importancia, tanto para los operadores como para los usuarios, e incluso para la Aeronáutica, en términos de realizar mejoras en el diseño de la regulación.

La eliminación del piso de la banda tarifaria a corto plazo puede ser una política eficiente, pues podría beneficiar al consumidor final a través de un aumento de la competencia en la industria. Sin embargo, a largo plazo puede convertirse en una política con un alto costo social, debido a la posibilidad de guerras de precios que genera esta medida. Por ejemplo, la aerolínea dominante puede bajar sus precios por debajo de costos y al tiempo mejorar el producto, por ejemplo aumentando las frecuencias aéreas. Esto puede sacar a los competidores más pequeños del mercado o, en su defecto, minar la entrada de otros operadores. Después de sacar a la competencia, la aerolínea dominante establece tarifas por encima de sus costos. De esta forma, la existencia de un piso en la banda tarifaria previene las guerras de precios entre las aerolíneas.

Con la intención de determinar los efectos de la eliminación del piso de la banda tarifa, se usará la metodología de Bresnahan (1982) y Lau (1982). En este trabajo, esta metodología es aplicada como un ejercicio de estática comparativa, que tiene como objetivo determinar si las aerolíneas ejercen poder de mercado cobrando precios por encima de sus costos marginales. Como se ha mencionado, los resultados determinarán si en promedio las aerolíneas ejercen poder de mercado en el periodo que va de enero de 2004 a diciembre de 2011. La presente investigación no captura directamente la dinámica de la industria aérea en Colombia, especialmente en la última década. Sin embargo, dada la estructura de los datos disponibles, esta es la mejor aproximación posible al impacto de la eliminación del piso de la banda tarifaria sobre la concentración y el poder de mercado. Otra limitante de esta investigación es que, al no usar expectativas adaptativas en las decisiones de los consumidores, no permite identificar los efectos que tiene la calidad del servicio (por ejemplo, el cumplimiento de una aerolínea) en las decisiones futuras de los consumidores⁴.

Este documento se estructura en siete secciones: la primera es la introducción; la segunda abordará la teoría y la revisión de la literatura relacionada; en la tercera, que es el estudio del mercado aéreo colombiano, se realizará un análisis descriptivo de los datos estadísticos y se

¹ Resolución 03299 de julio de 2007, de la Aeronáutica Civil de Colombia.

² Según el Reglamento Aeronáutico de Colombia (RAC), parte tercera, sección 3.6.3.3.1, las rutas troncales se caracterizan por un mayor número de pasajeros movilizados.

³ Las rutas secundarias se identifican por la baja densidad de tráfico y por una menor cantidad de restricciones en la entrada. Según el RAC, en una ruta secundaria se requiere un 30% menos de capital que el necesario para iniciar operaciones en una ruta troncal.

⁴ Esta simplificación del modelo sería aun más grave si en cada una de las rutas estudiadas existieran más de cuatro operadores, pero, dado que en la mayoría de las rutas aéreas en Colombia predomina el modelo de duopolio, las falencias de alguna aerolínea no necesariamente obligan a los consumidores a elegir otra opción. Esto quiere decir básicamente que no existen muchas opciones en una ruta y los usuarios están obligados a elegir una aerolínea Y cuando la aerolínea X falla; sin embargo, si Y falla, regresarán nuevamente a la X, por lo que usar modelos tipo ARMA (n, m), no aportaría mucho en el caso particular de esta investigación y a los objetivos que persigue.

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

calculará el nivel de concentración móvil durante el periodo de la investigación, utilizando el Índice de Herfindahl-Hirschman; después, en la sección cuatro, se analizan los datos; en la quinta sección se desarrolla el modelo; en la sexta, se presentan los resultados y, finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación.

II. METODOLOGÍA

Determinar la capacidad de una empresa para influir sobre los precios, cuando no se dispone de información sobre las curvas de costos marginales de las firmas, es de gran relevancia para la formulación de la política económica de un país. Los trabajos más sobresalientes a nivel internacional sobre poder de mercado y concentración, que dan soporte a esta investigación, son los resultados de la estimación realizada por de Evans y Kessides (1991), Berry (1996), Captain y Sickles (1997) y Agostini (2008). En el caso de Colombia, es importante resaltar el trabajo de Peña (2001), que es el más importante en la actualidad para la investigación sobre la industria aérea de Colombia y fue la base para la elaboración del presente documento.

El objetivo de este trabajo es determinar si las aerolíneas ejercen poder de mercado en las rutas mencionadas. Existen varias formas de medir el poder de mercado, entre las cuales se encuentra la línea de los modelos estructurales desarrollados a finales de la década de los ochenta y principios de los noventa, a saber, los modelos de Panzar-Rosse, Hall y Bresnahan-Lau; y aunque todos apuntan a cuantificar el poder de mercado en una industria particular, existen varias diferencias entre estos.

Como no estamos seguros del comportamiento de los rendimientos de la industria analizada en esta investigación, y como buscamos cuantificar el poder de mercado de cada una de las empresas, entonces, el modelo que resuelve este problema es la metodología de Bresnahan (1982) y Lau (1982). La desventaja de este modelo es que tiene que estar bien especificado y que es una metodología de estática comparativa con un equilibrio de largo plazo, que deja de lado la dinámica de corto plazo en el comportamiento de los mercados.

La metodología de Bresnahan-Lau (en adelante BL) permite, a partir de una función de demanda y una función de costes, encontrar un λ que, según el nivel que este tome, permite calcular si existe o no poder de mercado en la ruta. La función de demanda está identificada, pero la función de oferta no. Para identificar la relación de oferta no basta generar efectos de desplazamiento de la curva de demanda, sino también aquellos que la hagan rotar⁵.

El enfoque econométrico ideal consistiría en presentar cada una de las curvas de las diferentes firmas, sin embargo, se puede iniciar con un ejercicio para toda la industria, a partir de la siguiente especificación para la función de demanda: $p = (Q; Z)$. Donde p es el precio, Q es la producción total y Z es un vector de una o más variables relevantes como precios de un sustituto, ingreso, etc. Podemos utilizar un parámetro λ para estudiar varias formas de estructuras de mercado (Just y Chem, 1980; Bresnahan 1982; y Lau, 1982). Ahora, si definimos una función de ingreso marginal efectivo tal que:

$$MR = p + \lambda * (pQ)' * Q \quad [3]$$

Donde pQ es la pendiente de la curva de demanda. Si $\lambda = 0$, el ingreso marginal es igual al precio y el mercado es competitivo; si $\lambda = 1$, el ingreso marginal es igual al costo marginal; si

⁵ Bresnahan (1982).

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

$0 < \lambda < 1$, el grado de poder de mercado está entre el de un monopolio y el de la competencia. Con n empresas idénticas jugando Cournot, λ es igual a $1/n$.

La optimización o condición de equilibrio es que la función de ingreso marginal efectivo sea igual al coste marginal:

$$MR(\lambda) = p + \lambda * (pQ) * Q = MC(Q; W) \quad [4]$$

Donde MC es una función de la producción y otras variables, y W los costos asociados a la producción.

La heterogeneidad existente, tanto entre las aerolíneas que operan en Colombia como entre los consumidores de las diferentes rutas, implicaría categorizar la heterogeneidad de los consumidores para caracterizar de forma precisa el mercado aéreo, sin embargo, no se posee información sobre este que permita la caracterización de los consumidores⁶.

VI. RESULTADOS

A. ESTRUCTURA DEL MERCADO AÉREO EN COLOMBIA

El mercado de transporte aéreo en Colombia, en lo que respecta a las empresas que ofrecen el servicio, está conformado tanto por la parte civil como por la militar. En la parte civil lo integran las aerolíneas AeroRepública (RPB), Easyfly (EFY), Aerolínea de Antioquia (ADA), Avianca (AVA), Viva Colombia (VVC) y Aires (LAN); en la parte militar está la aerolínea estatal SATENA (véase Anexo 1). Esta investigación se concentra en la ruta aérea: Bogotá-Medellín-Bogotá⁷, que representa al mercado troncal.

Los motivos para seleccionar esta rutas entre el conglomerado a nivel nacional son varios: en el caso del mercado troncal, la ruta Bogotá-Medellín-Bogotá es la más importante, con un movimiento mensual de pasajeros de más de 205.000⁸, que representan cerca del 15% del total de pasajeros movilizados a nivel nacional.

A. DEMANDA Y OFERTA

En la figura 1 se presenta el nivel de ocupación⁹ de la ruta objeto de estudio. A lo largo del periodo de estudio, la ocupación tendió a aumentar fluctuando entre 60% y 70% hasta la entrada de Aires, cuando empezó a fluctuar entre 70% y 80%, para estabilizarse en torno al 80% en el final del periodo. Esto contradice lo que en la industria comúnmente se espera ante la entrada de un nuevo operador: que el nivel de ocupación disminuya.

⁶ La imposibilidad de generar una caracterización se debe a que no es posible saber por aerolínea y por ruta aérea cómo se venden cada uno de los vuelos, y esto sucede puesto que la información de ingreso mediante la cual se configuran y venden los vuelos es de carácter estrictamente confidencial, y la Aeronáutica Civil no posee tal información.

⁷ En adelante Bogotá (BOG), Medellín (MDE).

⁸ A julio de 2012.

⁹ La ocupación se define como la relación entre el número de sillas ofrecidas y el número de pasajeros transportados.

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

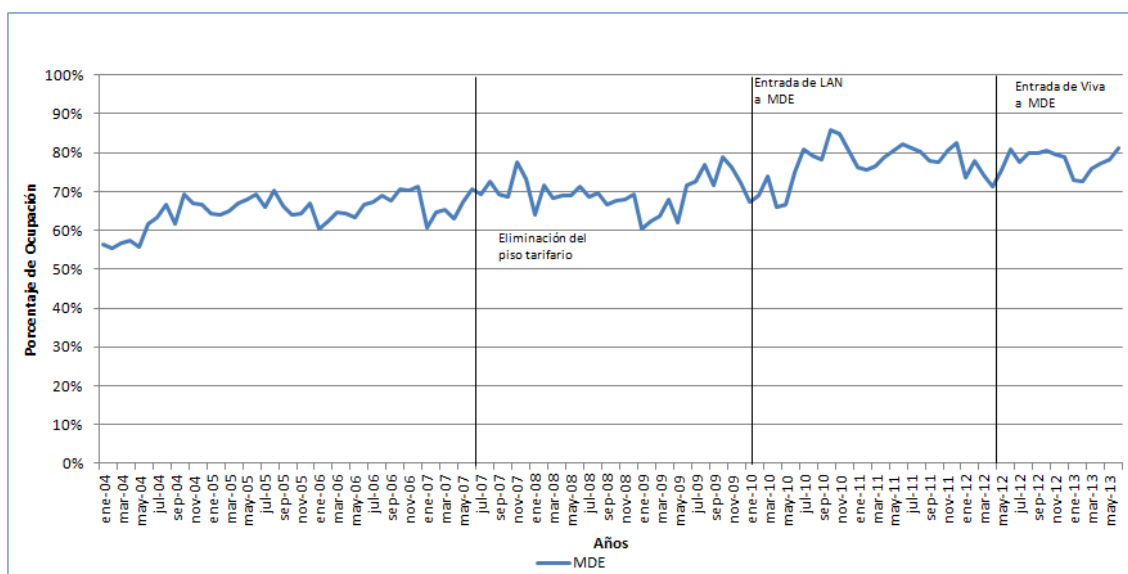


FIGURA 1. Relación entre Load Factor y meses de operación

B. TARIFAS

El esquema de regulación de tarifas en Colombia, en el periodo 2004 a 2011, se puede dividir en dos etapas: un sistema de bandas de tarifas (techo y piso)¹⁰ entre 2004 y 2007, y un sistema de control de techos de las tarifas¹¹, en el que se liberaron sus pisos, en el resto del periodo. En la actualidad las tarifas se estructuran en cinco componentes, que reportan ingreso tanto para el fisco nacional o la concesión como para las aerolíneas. Para el primer componente está la tarifa aeroportuaria que cobra el operador del aeropuerto, que puede ser el Estado o la concesión, y el impuesto al valor agregado (IVA), que se recauda para el fisco nacional. Para el segundo, al cual corresponden aquellos que reportan ingresos para la aerolíneas, tenemos: el cargo por combustible (*fuel surcharge*¹²), que varía mensualmente en función del precio del galón de gasolina; el cargo administrativo (*fee administrativo*¹³), que se cobra por la gestión en la venta de boletos, y, finalmente, la tarifa neta, que equivale al valor total del precio del boleto menos todos los cargos que reportan ingreso, tanto para la aerolínea como para el Estado.

En la figura 2 se presenta la tarifa promedio¹⁴ de la ruta Bogotá-Medellín-Bogotá para las tres aerolíneas que operan en ese mercado. Antes de la eliminación del piso, las tarifas mínimas ofrecidas por Avianca y AeroRepública eran bastante similares, y su evolución seguía la del piso de la banda tarifaria. Después de la eliminación de la banda de tarifas y antes de la entrada

¹⁰ Establecido según la Resolución 0004 del 31 de enero de 1994 de la Aerocivil. Tanto el techo como el piso son los precios de los boletos máximos y mínimos que una aerolínea puede cobrar en una determinada ruta, son establecidos por la Aeronáutica Civil y pueden variar de acuerdo a los meses, trimestres o años; por eso, la gráfica de dichos precios son líneas rectas escalonadas, tal como se presentan en la Gráfica 2.

¹¹ Establecido según la Resolución 03299 de julio de 2007 de la Aerocivil.

¹² Establecido según Resolución 839 de 2003 de la Aerocivil y modificada según la Resolución 03897 del 31 de agosto de 2005 de la Aerocivil, y que se ajusta según la metodología de la Ley 681 de 2001. Se elimina el cobro obligatorio desde abril de 2012, según la Resolución 00904 del 28 de febrero de la Aerocivil.

¹³ Establecida según la Resolución 03596 del 01 de septiembre de 2006 de la Aerocivil.

¹⁴ Se refiere a la tarifa mínima que cobra cada operador en la ruta. Como esta tarifa puede variar en los diferentes días del mes, se calcula un promedio de esas mínimas, lo que da el promedio de tarifa mínimo que ofrece cada aerolínea durante el mes.

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

de Aires, se aumentó la tarifa promedio y aumentó también la dispersión de tarifas entre Avianca y AeroRepública. En el último periodo, con la entrada de Aires, disminuyen las tarifas producto de la guerra de precios, específicamente entre abril de 2009 y abril de 2011, y se da una *convergencia*, en el sentido de que todas las aerolíneas ofrecen una tarifa promedio muy similar. Hacia el final del periodo el nivel de tarifas está casi al nivel en el que estaban antes de la entrada de Aires.

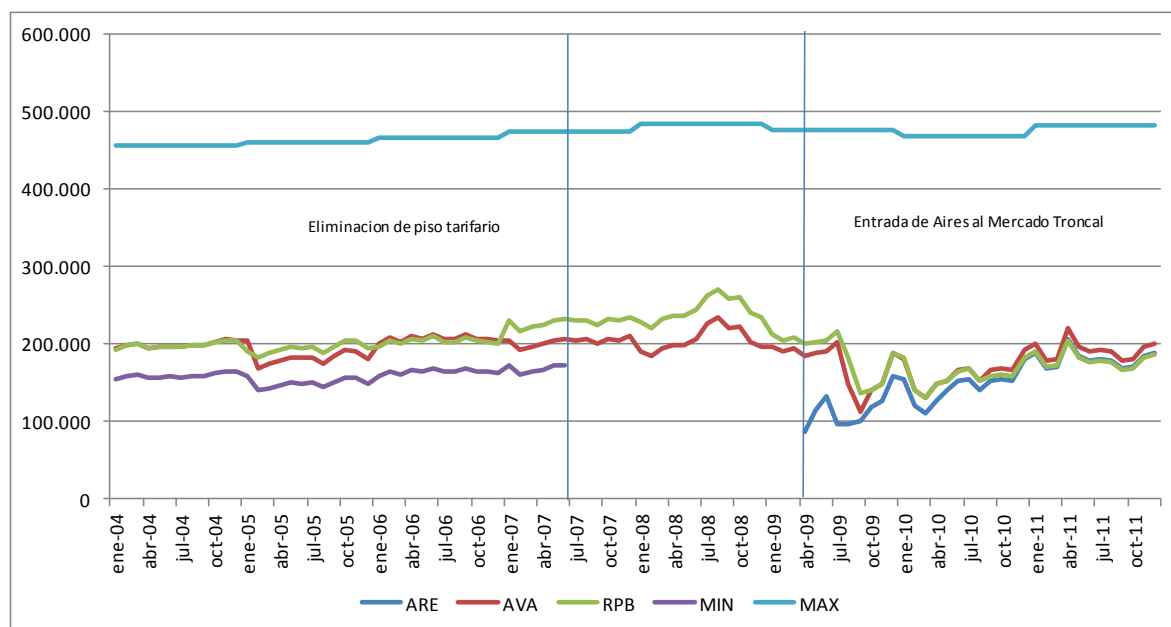


FIGURA 2. Relación entre Tarifa Promedio y meses de operación

C. CONCENTRACIÓN DEL MERCADO

El índice de concentración de Herfindahl-Hirschman (IHH), de un mercado muestra el número de participantes y la posición de cada aerolínea en el mercado. En efecto, este será mayor cuanto menor sea el número de participantes en dicho mercado, y cuanto más desiguales sean sus participaciones.

En la figura 3 se presenta el HHI para la ruta objeto de estudio. En la ruta se presenta una tendencia creciente en la concentración, desde niveles próximos al 40% en 2004 hasta cerca del 80% en 2009; sin embargo, después de la entrada de Aires se observa una disminución sustancial que se profundiza con la entrada de Viva Colombia llegando a niveles de alrededor del 40%.

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

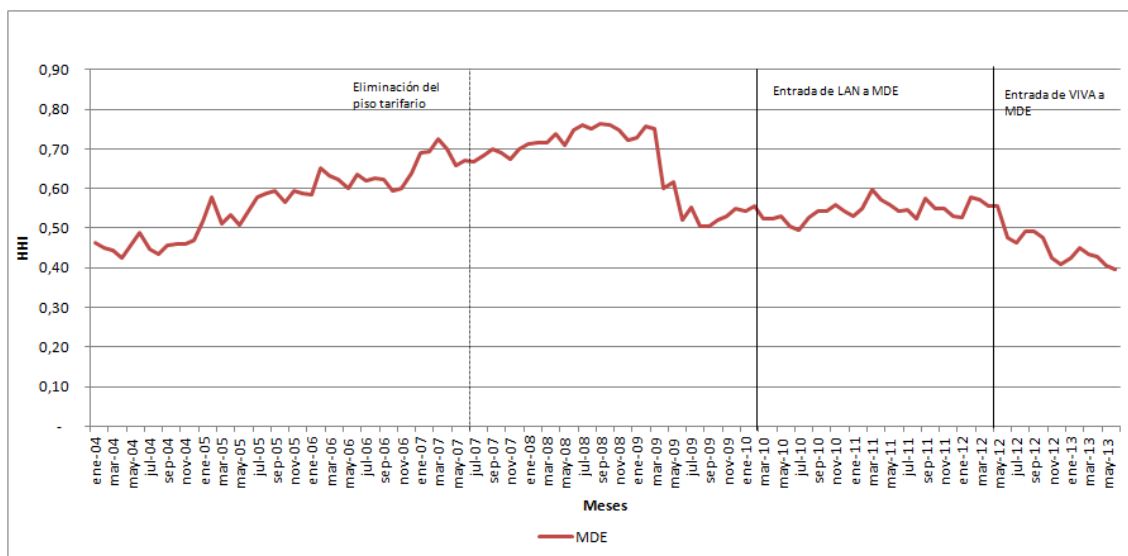


FIGURA 3. Relación entre Índice de Herfindal-Hirschman (HHI) y meses de operación

Para estimar el poder de mercado; se estimó un modelo de datos panel para representar el mercado. El procedimiento consiste en estimar, primero y por separado, las ecuaciones de demanda. Para identificar la relación de oferta es necesario introducir, no solo variables que desplacen la curva de demanda, sino también que la hagan rotar. En el caso particular de este ejercicio, se ha sumado el vector variable de rotación ($VRot = \text{tarifa promedio} \times \text{precio de la gasolina corriente}$). Esta última se usa como *proxy* de un servicio sustituto al tráfico aéreo: el transporte terrestre, que es un vector que puede cambiar la pendiente de la curva de demanda.

La inclusión de este vector según Bresnahan (1982) permite no solo desplazar la demanda, sino alterar su elasticidad-precio; así, al rotar la demanda cambia también el ingreso percibido de las firmas. La figura 4 presenta el ejercicio descrito por Bresnahan (1982). En el artículo, el autor señala que si se mantienen constantes los precios y cantidades y se realiza una rotación alrededor del equilibrio de mercado, en el caso de competencia perfecta, este se representaría con el punto **E1**. En el caso de la estructura monopolística, como el ingreso se desplaza, cambian tanto los precios como las cantidades y, por tanto, el equilibrio del mercado pasa a ser **E2**. Así, las rotaciones de la curva de demanda alrededor del punto de equilibrio, según Bresnahan, revelan el poder de mercado.

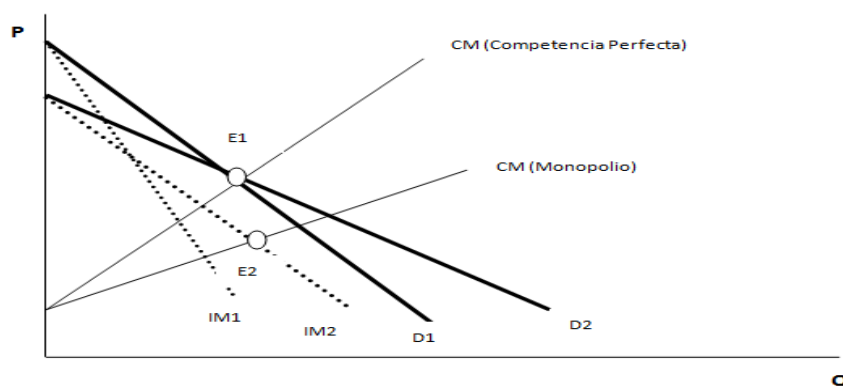


FIGURA 4. Simulación de la metodología de Bresnahan-Lau

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

A partir de estos resultados, se recuperan los coeficientes de las variables Rotación (Rot) y Gasolina corriente (Gc), y se reemplazan en la función de oferta como sigue:

La ecuación de demanda que se estimó fue:

$$Q_t = \alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 Y + \alpha_3 Pob + \alpha_4 Gc + \alpha_5 VRot + \alpha_6 Dummy + \alpha_7 cump \quad [5]$$

Donde, $Q = cant_pasaj$ es la cantidad de pasajeros; $T = tarifas$ es la tarifa promedio pagada por pasajero en cada una de las rutas; $Y = ingprom$ es el promedio de los ingresos *per cápita* presupuestales de las dos ciudades origen-destino; $Pob = pob_prom$ es el promedio geométrico de la población de las dos ciudades; Gc es el precio de la gasolina corriente; $VRot = rot$ es la variable que rota la demanda, es decir, la tarifa multiplicada por el precio de la gasolina corriente; $Dummy$ captura el efecto de la eliminación del piso de la banda tarifaria en julio de 2007, y $cump$ es la variable que mide el cumplimiento de las aerolíneas.

La tabla 1 muestra el resultado de la estimación de un panel con efectos fijos para la ruta. La selección del modelo de efectos fijos, además del soporte del test de Hausman, obedece a que tiene una mayor congruencia con la teoría económica, y a que los resultados encontrados gozan de un mayor nivel de significancia en los coeficientes de las variables explicativas.

TABLA 1. Resultados de la regresión de las ecuaciones de demanda

Número de Observaciones: 225. Número de Grupos: 3.

Variables explicativas	BOG-MDE-BOG	
	Coeficiente	P_Valor
V Rotación	0,0003	***
Tarifas	-2.094.905	***
Ingreso	0,5324	**
Población	0,3353	***
Gasolina corriente	-6.660	***
Dummy	-2.381.546	***
Cumplimiento	1.019.315	***
Constante	-8.804.613	**

Nota: *** Significancia hasta el 3%; ** Significancia hasta el 10%; * Significancia superior al 10%.

Fuente: Elaboración propia.

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

Como se puede apreciar, las variables son significativas al nivel estadístico aceptado para el modelo. Los signos del coeficiente de la tarifa y cumplimiento (*cump*) tienen los signos esperados: entre más cumplida sea una aerolínea y, por tanto, con mayor calidad de servicio, tiene mayor demanda, ya que esta es una variable que afecta las preferencias de los consumidores. La variable *dummy*, que captura la eliminación del piso de la banda tarifaria, resulta significativa en todos los modelos, lo que evidencia el cambio estructural que se da a partir de la eliminación del piso tarifario.

Para realizar la identificación del poder de mercado es necesario que el coeficiente de la variable de rotación sea estadísticamente diferente de cero y que, a su vez, este y el coeficiente de la tarifa no sean simultáneamente iguales a cero. Los coeficientes necesarios son significativos en ambos modelos. Así, es posible armar la variable de poder de mercado para introducirla en la estimación de la relación de oferta.

En la tabla 2 se presentan las estimaciones de oferta:
La ecuación generalizada de la relación de oferta fue¹⁵:

$$p_t = \beta_0 + \beta_1 Dev + \beta_2 w + \beta_3 Pob + \beta_4 D + \beta_5 Rot + \beta_6 DTF \quad [6]$$

Donde *Dev* es la devaluación, *Rot* es la variable de rotación, *D* es el número de pasajeros transportados, *Pob* es el promedio de la población de las dos ciudades origen destino, *p* es el precio de los boletos en las diferentes rutas, *w* es el salario promedio de las tripulaciones que operan en cada una de las rutas y $Rot = (-Q_t / (\alpha_1 + \alpha_5 G_c))$.

Se espera que la variable dependiente, la tarifa promedio, así como el salario y la devaluación dependan positivamente de la cantidad de pasajeros transportados. Si el coeficiente de la variable de rotación es significativo, esto implica que las firmas ejercen poder de mercado. Si no es significativo, entonces los precios del mercado son similares a los de la competencia perfecta.

TABLA 2. Resultados de la regresión de las ecuaciones de oferta

¹⁵ Este ejercicio se convierte en una simple maximización de la utilidad, en el que las empresas no son precio aceptantes, IM=CM. A partir de la función de demanda se deriva con respecto al precio obteniendo

$\frac{\partial Q_t}{\partial P} = \alpha_1 + \alpha_5 G_c$; si el coste marginal viene determinado por $C(.) = \beta_0 + \beta_1 Dev + \beta_2 w + \beta_3 Pob + \beta_4 D + \beta_5 Rot + \beta_6 DTF$ como se sabe que el ingreso marginal es $IM = P + Q / (\alpha_1 + \alpha_5 G_c)$, después del proceso de maximización podemos escribir la ecuación de oferta así: $P = \beta_0 + \beta_1 Dev + \beta_2 w + \beta_3 Pob + \beta_4 D - \beta_5 (Q / (\alpha_2 + \alpha_5 G_c)) + \beta_6 DTF$, donde $\beta_5 = \lambda$

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA
TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

Número de Observaciones: 225. Número de Grupos: 3

BOG-MDE-BOG		
Variables explicativas	Coefficiente	P_Valor
Variable de		
Rotación	0,0012	*
Población	12,3345	***
Devaluación	-85.186	***
Salarios	-0,0012	***
Demanda	0,0101	*
Tasa de interés	672.286	***
Constante	124.982	***

Nota: *** Significancia hasta el 3%; ** Significancia hasta el 10%; *Significancia superior al 10%.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver, la variable de poder de mercado (variable de rotación) no es significativa, lo que implica que las aerolíneas en dicha ruta no ejercen poder de mercado en el periodo de estudio. Las variables asociadas a las cantidades no resultaron significativas en ninguno de los casos, lo que da a entender que el aumento o disminución de la demanda no afecta los precios, algo que parece contraintuitivo. La razón de lo anterior puede ser que, en gran parte del periodo de análisis, específicamente después de de abril de 2009, se presentó en ese mercados una sobreoferta en los mercados y una baja de los precios, que aunque generó un incremento en la demanda no fue suficiente para que las aerolíneas subieran los precios más allá de los mínimos ofrecidos en los mercados, es decir, creció la demanda pero los precios no reaccionaron a ese incremento.

Las variables salario de las tripulaciones (w) y la devaluación resultan significativas en todos los modelos, pero con un resultado que podría contradecir la teoría, ya que el signo no es el esperado teóricamente, aunque sí el esperado empíricamente. La explicación es la siguiente: el salario real de las tripulaciones ha venido aumentando debido a la ampliación y modernización de la flota aérea en Colombia y al número de pilotos, que escasea. Dado ese alto crecimiento, se ha generado un aumento en los salarios de las tripulaciones; sin embargo, durante el periodo analizado el precio de los boletos ha disminuido. Así, aunque parezca una contradicción, el modelo recoge lo que está sucediendo en la actualidad en el mercado aéreo colombiano. En lo que respecta a la devaluación, es necesario anotar que esta variable afecta el *leasing* de las aeronaves, así como el mantenimiento mayor de los aviones (Servicio C)¹⁶. Por lo anterior, es de esperarse que un incremento en esos rubros incremente los precios. Sin embargo, en el caso de estos modelos, existe una relación negativa, lo que nos permite verificar la evidencia empírica:

¹⁶ El servicio C es un servicio mayor que incluye la reposición de muchas piezas, la mayoría de ellas importadas, así como un servicio especializado que brinda el fabricante de las aeronaves.

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

la disminución de las tarifas aéreas no es producto de una relación de costes más bajos, sino de una mayor competencia y una sobreoferta en los mercados que afectaron los precios.

La variable del precio de combustible *Jet A1* es significativo y tiene el comportamiento esperado. Resulta natural que las aerolíneas suban los precios cuando el combustible sube, y aunque pareciera haber una contradicción con el análisis realizado en el párrafo anterior, no es así, porque, como se explicó en la sección de tarifas, el precio final de los boletos recoge el incremento del precio de *Jet A1* mediante el *fuel surcharge*, que varía y se ajusta con base en ese indicador, por lo que cualquier incremento en el combustible es un incremento directo al precio final del boleto aéreo. En lo que respecta a la variable de tasa de interés, es significativa en todos los modelos y tiene el signo esperado, lo que genera un efecto directo sobre la estructura de costos financieros que las aerolíneas transfieren a los consumidores a través de la tarifa neta.

VII. CONCLUSIONES

Se encontró que la política regulatoria, en sí, no afectó los precios del mercado. No obstante, sí propició un aumento de la competencia al generar el marco regulatorio para la entrada de nuevos operadores con capacidad para ofrecer bajos precios. La eliminación de la banda tarifaria permitió la entrada de nuevos jugadores al mercado, los cuales pudieron cobrar tarifas más económicas que el promedio, lo que generó una guerra de tarifas en el sector y, por tanto, un aumento en el tráfico de pasajeros en Colombia, en comparación con años posteriores a la liberación de la tarifa.

La eliminación del piso tarifario propicia, ante la fuerte competencia, dos efectos: una mayor eficiencia en el sector o una quiebra generalizada de empresas que no tienen el músculo financiero para soportar una guerra de precios. Esto genera la necesidad del monitoreo constante del mercado por parte de la Aerocivil. De otra parte, la eliminación de los pisos tarifarios no es necesariamente una política pública eficiente a largo plazo, se ha evidenciado empíricamente que las guerras tarifarias pueden generar quiebras en el sector, que más adelante pueden implicar mayores costes sociales. Finalmente, las disminuciones de tarifas son exclusivas de algunos mercados, es necesario que la Aerocivil regule las tarifas en mercados monopólicos.

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA
TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agostini, C. (2008). La organización industrial del transporte aéreo en Chile. *Revista de Análisis Económico*, 23(1), 35-84.
- [2] Berry, S. Michael C. y Pablo T. S. (1996). "Airlines Hubs: Costs, Markups and the Implications of Customer Heterogeneity" (NBER Working Paper 55-61).
- [3] Bresnahan, T. F. (1982) "The Oligopoly Solution is Identified". *Economics Letters*, 10, 87-92.
- [4] Borenstein, Severin (1990). "Airline Mergers, Airport Dominance, and Market Power". *American Economic Review*, 80, 1-5.
- [5] Captain, P y Sickles, R. (1997). Competition and Market Power in the European Airline Industry: 1976-90. *Managerial and Decision Economics*, 18, 209-225.
- [6] Evans, W y Kessides, I. (1993). Localized Market Power in the U.S. Airline Industry. *The Review Economics and Statistics*, 75(1), 1-10.
- [7] Lau, L. (1982). "On identifying the Degree of Competitiveness from Industry Price and Output Data". *Economics Letters*, 10, 93-99.
- [8] Panzar, John C. y James N. Rose (1987) "Testing for 'Monopoly' Equilibrium". *The Journal of Industrial Economics*, XXXV(4), 443-456.
- [9] Peña, X. (2001). ¿Qué tan poderosas son las aerolíneas colombianas? Estimación de poder de mercado en las rutas locales. *Archivos de Macroeconomía*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP).

Herrera Madrid - EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DEL PISO DE LA BANDA
TARIFARIA EN EL SECTOR AÉREO EN COLOMBIA, 2004-2011

ANEXOS

Anexo 1. Estructura de la aviación en Colombia



Nota: Transportes Aéreos Especiales (TAE).

Fuente: Elaboración propia con base en información de la Aerocivil y la ATAC.

RED DE CAMPOS DE VUELO ARGENTINA Y SU ARTICULACIÓN CON INDICADORES Y PLANES ESTRATÉGICOS DE DESARROLLO

Herrón, Alejandro^a; Chapela, Matias^a; Hanna, Walid^a; Di Bernardi, Alejandro^a; Pezzotti, Santiago^a.

^aG.T.A. Grupo Transporte Aéreo- U.I.D. "G.T.A.-G.I.A.I.", Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina
Calle 116 e/ 47 y 48; (1900) La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina
Email: alejandroherron@gmail.com

RESUMEN:

El objetivo del presente es identificar, a partir del relevamiento oportuno realizado por el GTA, los distintos campos de vuelo del país, junto con la infraestructura de ayudas a la navegación asociada, teniendo en cuenta los diversos planes estratégicos existentes (Plan Estratégico Territorial -PET-; Plan Federal de Turismo), con el fin de evidenciar aquellos aeropuertos que merecen una especial atención en relación a la multimodalidad y complementariedad del transporte.

El transporte aéreo es un pilar fundamental en la red de transporte de un estado y resulta esencial para cubrir la demanda en el traslado de pasajeros y carga en un territorio tan vasto como lo es el argentino. Para ello el país cuenta con una red de aeropuertos y una infraestructura de ayudas a la navegación que interactúan, se complementan y posibilitan la actividad aeronáutica.

A su vez, el estado ha planteado diversos planes estratégicos relacionados al crecimiento y a la potenciación de la industria, el turismo y la red de transporte, entre otros; todo esto teniendo en cuenta objetivos estratégicos territoriales particulares.

Se presenta, entonces, un resumen de la situación actual de la red aeroportuaria argentina detallando: cantidad de campos de vuelo, ubicación, clave de referencia y categoría en relación a procedimientos instrumentales de aterrizaje (sistemas ILS), entre otros.

Luego se evidencia la importancia de cada aeropuerto o la necesidad de potenciar los mismos en contraste con las líneas de acción planteadas por los diversos planes estratégicos mencionados vigentes. Para ello se analizan diversos índices y/o indicadores directamente vinculados con el crecimiento y desarrollo del país.

Finalmente se mencionan los principales aeropuertos pertenecientes a la red aeroportuaria nacional que evidencian un papel clave en el crecimiento del país.

The purpose of this paper is to identify, from the opportune survey conducted by the GTA, different airfields in the country, along with the associated navigational aids infrastructure, taking into account the various existing strategic plans (Territorial Strategic Plan -PET-; Federal Tourism Plan), in order to highlight those airports that deserve special attention in relation to multimodal transport and complementarity.

Air transport is a fundamental pillar in the transport network of a state and is essential to meet the demand in the transportation of passengers and cargo in an area as vast as is the Argentine. For this, the country has a network of airports and navigational aids infrastructure that interact, complement and enable aviation activity.

In turn, the state has raised various strategic plans related to the growth and empowerment of industry, tourism and transport, among others, all this considering particular territorial strategic objectives.

A summary is presented then, of the current status of the Argentinean airport network detailing: number of airfields, location, reference code and category regarding landing instrument procedures (ILS Systems), among others.

Herrón, Chapela, Hanna, Di Bernardi, Pezzotti - Red de campos de vuelo argentina y su articulación con indicadores y planes estratégicos de desarrollo

Then it is highlighted the importance of each airport or the need to empower them in contrast to the lines of action raised by the various current strategic plans mentioned. In order to do, this various indices and / or indicators that are directly linked to the growth and development of the country are analyzed.

Finally the main airports that belong to the national airport network and show a key role in the country's growth are mentioned.

Palabras clave: campos de vuelo, red, planes estratégicos, indicadores, infraestructuras.

1. INTRODUCCIÓN

Dada la complejidad del sistema de transporte del Estado Argentino, su vasto territorio y los distintos métodos de interconexión existentes y planificados para cada región dentro del mismo, resulta de particular interés la realización de un análisis en relación a la red aeroportuaria que forma parte de dicho sistema.

En este contexto se caracterizan, clasifican y cuantifican los distintos tipos de campos de vuelo existentes, y se evidencia la importancia de ciertos aeródromos que juegan un papel clave en relación al crecimiento y desarrollo del país, a su vez en concordancia con los planes estratégicos planteados por el Estado.

2. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo de investigación se procedió a realizar un relevamiento de los campos de vuelo que integran la red argentina. Se creó para esto una base de datos con la información pertinente para el caso de estudio.

Luego se realizó un análisis en relación a los planes estratégicos planteados por el Estado Argentino y diversos índices de desarrollo, de forma tal de poder evidenciar aeropuertos que resultarían clave para el desarrollo regional siguiendo las líneas de acción planteadas por dichos planes.

Finalmente se exponen los resultados obtenidos de todos los escenarios estudiados.



3. ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED AEROPORTUARIA

En la presente sección del trabajo realizado se pretende analizar los distintos campos de vuelo existentes dentro del territorio argentino, de acuerdo a ciertos factores expresados a continuación:

3.1. Por tipo de campo de vuelo

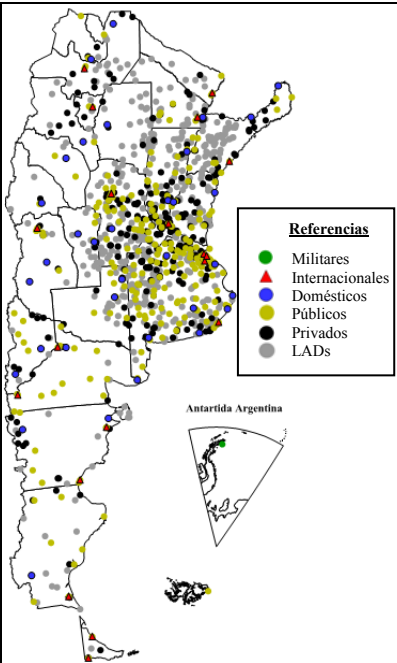
• Campos de Vuelo

La red del país está compuesta por más de mil campos de vuelo, los cuales se evidencian en la figura adyacente.

Dentro de dicha red se diferencian los llamados “lugares aptos declarados” o LADs, y los aeródromos.

Se observa una mayor concentración en la región central del país con una marcada convergencia en Buenos Aires en donde se encuentran los aeropuertos de mayor importancia en cuanto a movimientos y tipos de aeronave.

Buenos Aires actúa como HUB de la región, a partir de donde convergen y divergen vuelos hacia aeropuertos del interior del país. Allí se observa una marcada disminución en cuanto a la presencia de campos de vuelo, lo que evidencia una reducción en la propia actividad aeronáutica en contraste a Buenos Aires.



Referencias

- Militares
- Internacionales
- Domésticos
- Públicos
- Privados
- LADs

Antártida Argentina

Figura 1: Campos de Vuelo.

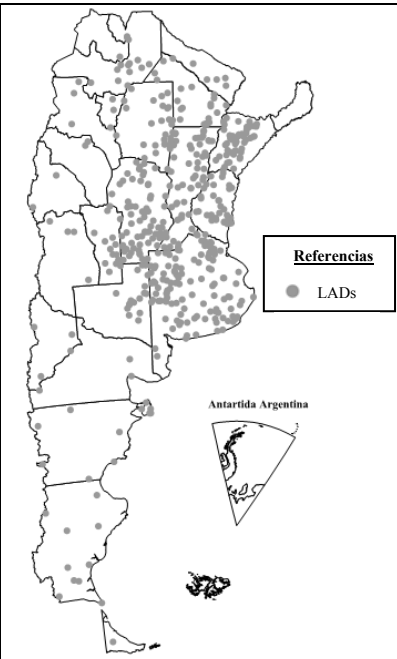
• LADs

Según la autoridad aeronáutica, es obligación del propietario o explotador de un lugar donde se realicen operaciones aéreas periódicas o esporádicas, denunciar la existencia del mismo.

Por lo tanto, los “Lugares Aptos Declarados” o “Lugares Aptos Denunciados” se definen como aquellos lugares que reúnan todas las características que permitan asegurar, bajo la responsabilidad del piloto, una total seguridad para la operación, terceros transportados y en superficie.

Dichos lugares no incluyen operaciones aéreas nocturnas, de actividad de aeroclub, comerciales regulares y bases de empresas agroaéreas.

En la figura a la derecha se observa la ubicación de los LADs dentro del país. Existe una mayor concentración en el área central y en la región del litoral del país.

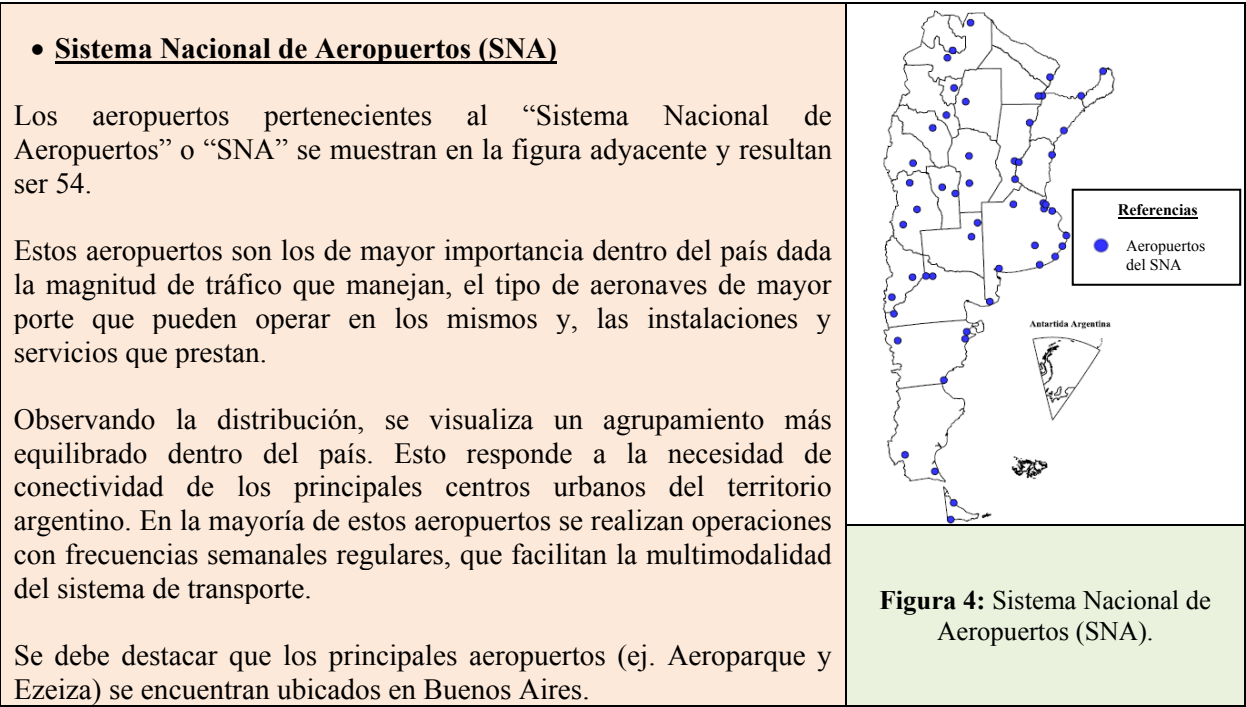
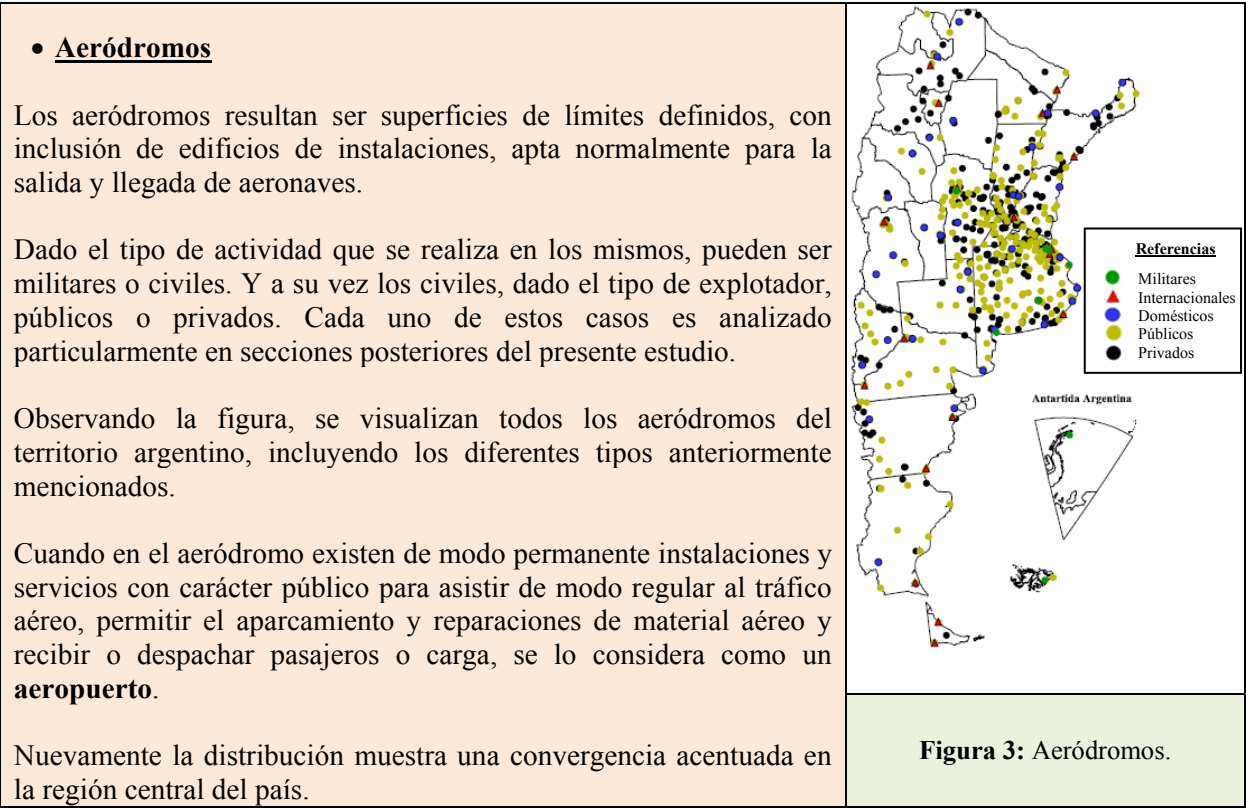


Referencias

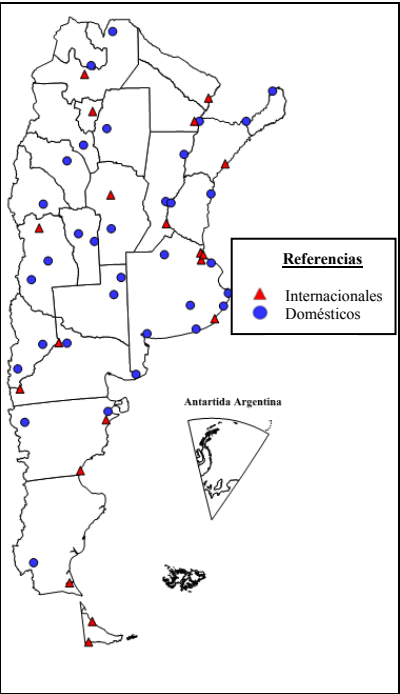
- LADs

Antártida Argentina

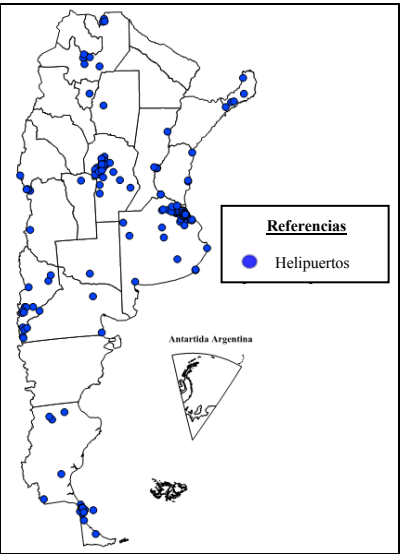
Figura 2: Lugares Aptos Declarados (LADs).



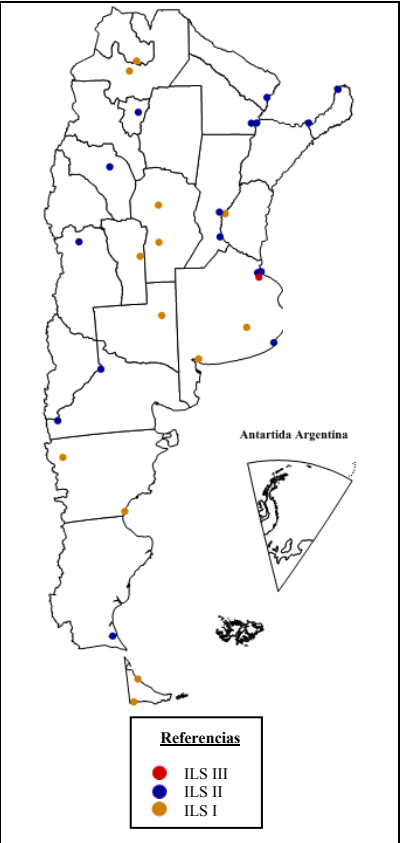
3.2. Por tipo de tráfico (Aeropuertos del SNA)

<div><div><div>• <u>Aeropuertos Internacionales y de Cabotaje</u></div><div><p>Analizando detenidamente el tipo de tráfico que poseen los distintos aeropuertos pertenecientes al SNA, se pueden diferenciar aquellos que presentan vuelos de cabotaje, y aquellos internacionales.</p><p>Los aeropuertos abiertos al tráfico aéreo internacional presentan servicios necesarios para recibir aeronaves extranjeras o despacharlas hacia el extranjero, como por ejemplo la presencia de aduanas o sectores de migraciones.</p><p>La presencia de aeropuertos con trafico domestico es mayor que la de aeropuertos internacionales. Estos se encuentran distribuidos en todo el territorio y sirven como puertas de enlace entre los distintos sectores que integran al país potenciando una conectividad regional.</p><p>Los aeropuertos capaces de manejar tráfico internacional también presentan una distribución relativamente equilibrada en el país con una mayor presencia en Buenos Aires en donde se encuentra el aeropuerto de Ezeiza que resulta ser el vínculo principal actuando como puerta de entrada y salida que conecta al país con los estados extranjeros.</p><p>Enfocando el estudio en la densidad de aeropuertos dentro del país, se observa que la misma es relativamente baja en comparación al territorio del mismo.</p></div></div></div>	<div><p>Referencias</p><ul style="list-style-type: none">▲ Internacionales● Domésticos<p>Antártida Argentina</p></div> <div><p>Figura 5: Aeropuertos Internacionales y de Cabotaje del SNA.</p></div>
--	---

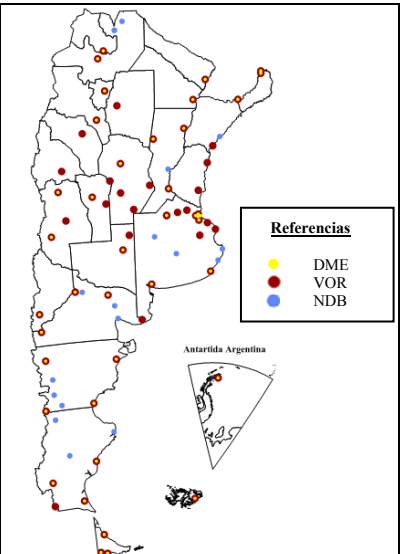
3.3. Por helipuertos

<div><div><div>• <u>Helipuertos</u></div><div><p>Los helipuertos son zonas delimitadas que permiten las operaciones de helicópteros, la ubicación de los mismos en el país se visualiza en la figura a la derecha.</p><p>Observando el mapa se puede determinar que existe una clara presencia de helipuertos en los principales centros urbanos y turísticos del país. Algunos a tener en cuenta son Buenos Aires, Córdoba, Bariloche, entre otros.</p><p>Sin embargo estos helipuertos están ubicados en focos centralizados. Fuera de estos, existen zonas sin ningún tipo de instalaciones provistas para acomodar este tipo de aeronaves.</p></div></div></div>	<div><p>Referencias</p><ul style="list-style-type: none">● Helipuertos<p>Antártida Argentina</p></div> <div><p>Figura 6: Helipuertos.</p></div>
---	--

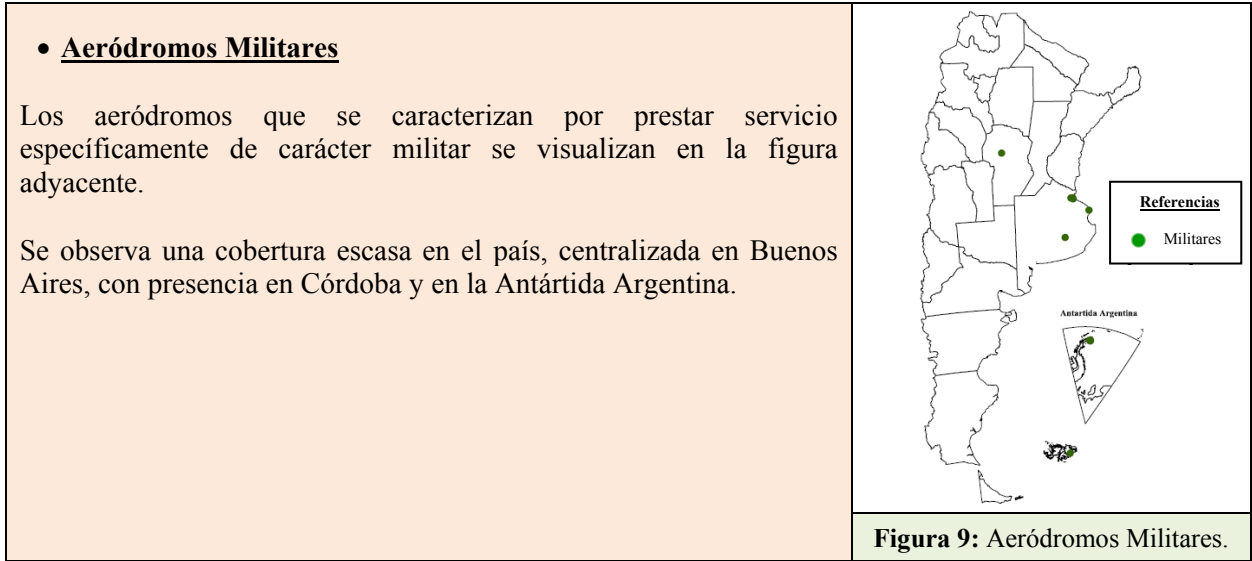
3.4. Por tipo de sistema de aproximación de precisión

<div><ul style="list-style-type: none"><u>Aeropuertos con Sistemas ILS</u><p>Ciertos aeropuertos poseen sistemas de aproximación por instrumentos o “ILS”, que posibilitan operaciones de precisión para las aeronaves (proporcionando una guía por ejemplo en situaciones de meteorología adversas en donde los mínimos operacionales se ven afectados).</p><p>Dichos aeropuertos pueden ser visualizados en la figura, y se clasifican en distintas categorías o “CAT”, diferenciadas por el grado de precisión que permiten en las operaciones.</p><p>El número total de aeropuertos con este tipo de sistemas es relativamente bajo en contraposición al número de aeródromos existentes en el país. Sin embargo se debe tener en cuenta que estos sistemas son necesarios en aquellos aeropuertos que presenten cierto número de movimientos y con aeronaves de un porte determinado. Caso contrario no se justifica la implementación de dichos sistemas.</p><p>Se observa que los aeropuertos CAT I se ubican en su mayoría en la zona Central y de la Patagonia del país.</p><p>El número de aeropuertos CAT II es similar a los anteriores pero se ubican principalmente en la región de Cuyo y Litoral.</p><p>Aeropuerto CAT III existe solo uno y es el de Ezeiza ubicado en Buenos Aires.</p></div> <div><p>Referencias</p><ul style="list-style-type: none">ILS IIIILS IIILS I<p>Figura 7: Aeropuertos con Sistemas ILS.</p></div>
--

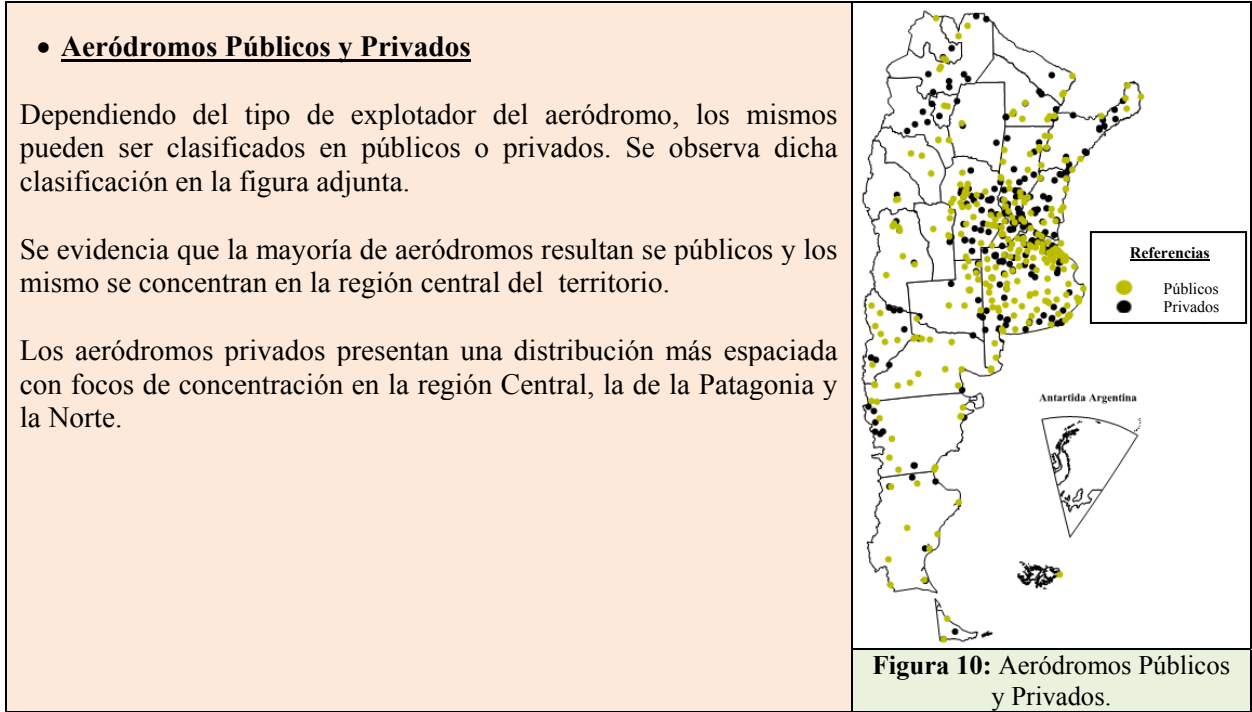
3.5. Por tipo de ayuda a la navegación

<div><ul style="list-style-type: none"><u>Aeropuertos con radioayudas tipo VOR, DME y NDB</u><p>Algunos aeropuertos cuentan con distintos tipos de ayudas a la navegación que resultan esenciales para desarrollar la actividad aeronáutica de forma segura.</p><p>Como se puede observar, los aeropuertos que cuentan con sistemas de radioayudas “VOR” se encuentran distribuidos en todo el territorio evidenciando una concentración en la zona central cercana a Buenos Aires.</p><p>La mayoría de los aeropuertos mencionados anteriormente cuenta con sistemas “DME” complementarios al VOR que dan indicación de distancia.</p><p>Los aeropuertos con sistemas “NDB” son más escasos y se evidencia una mayor presencia en el sur del país.</p></div> <div><p>Referencias</p><ul style="list-style-type: none">DMEVORNDB<p>Figura 8: Aeropuertos con Ayudas a la Navegación.</p></div>
--

3.6. Por tipo de actividad aeronáutica



3.7. Por tipo de explotador



3.8. Por tipo de superficie de pista

• Campos de Vuelo con Superficies de Pista de Pavimento Rígido (Hormigón), Flexible (Asfalto) y Tierra

Los campos de vuelo presentan pistas con distintos tipos de superficie, dependiendo del tipo de actividad aeronáutica que desarrollan.

En la Figura 11 se encuentran representados los campos de vuelo con pistas de pavimento flexible (asfalto) y rígido (hormigón). Se evidencia un número mayor de campos con pistas de asfalto.

El resto de los campos de vuelo presentan pistas de tierra y se muestran en la Figura 12. Se observa que estos representan la gran mayoría y se debe a que incluyen a los LADs y todo tipo de campos donde se realicen actividades recreativas o con movimientos menores (ej. Aeroclubes).

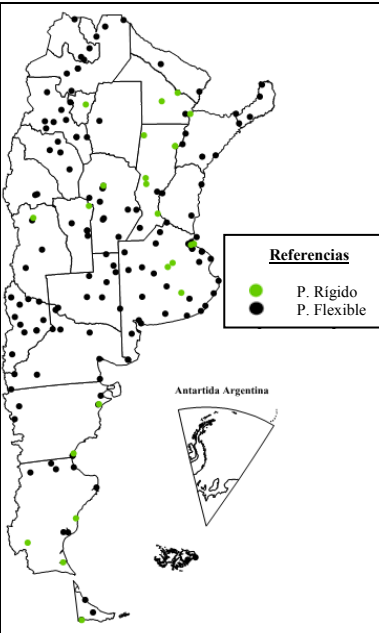


Figura 11: Campos de Vuelo con Superficies de Pista de Pavimento Rígido y Flexible

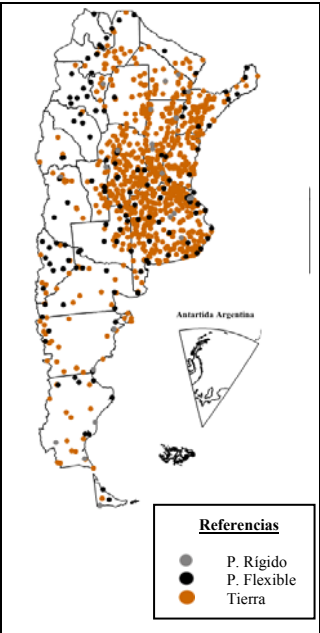


Figura 12: Campos de Vuelo con Superficies de Pista de Pavimento Rígido, Flexible y Tierra

3.9. Por tipo de control de tráfico aéreo

• Aeródromos Controlados

La actividad aeronáutica se desarrolla en un espacio aéreo definido. Ese espacio aéreo puede o no estar controlado, dependiendo del tipo de actividad y aeronaves que por él transitan.

En la figura adyacente se visualizan los aeródromos controlados dentro del país.

La existencia de este control denota cierta organización del espacio aéreo que permite una optimización del mismo.

Se observa que los principales aeródromos de la región son controlados (ej. los del SNA). Sin embargo la cantidad es relativamente baja en comparación al total de aeródromos existentes.

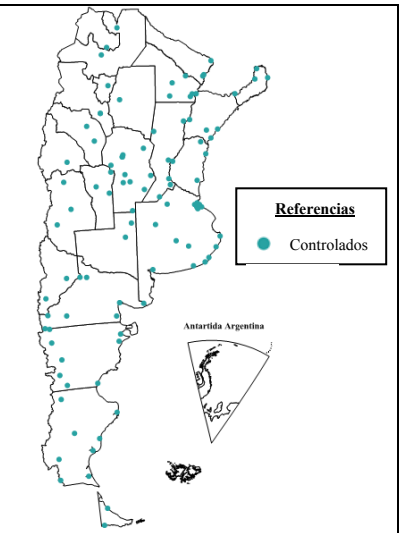
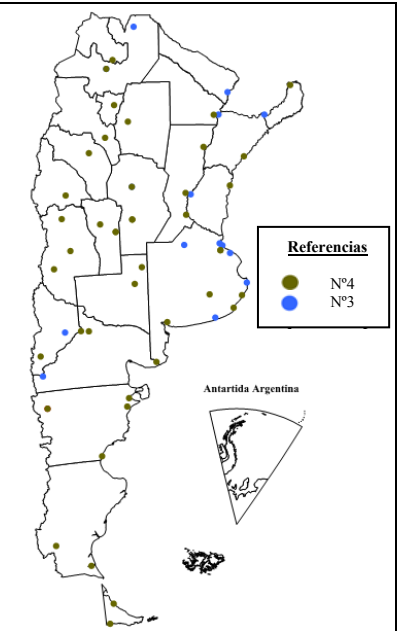
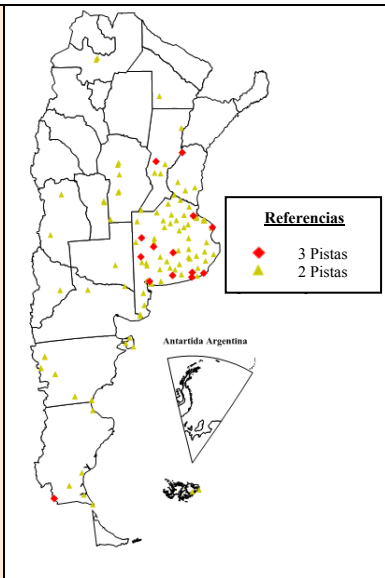
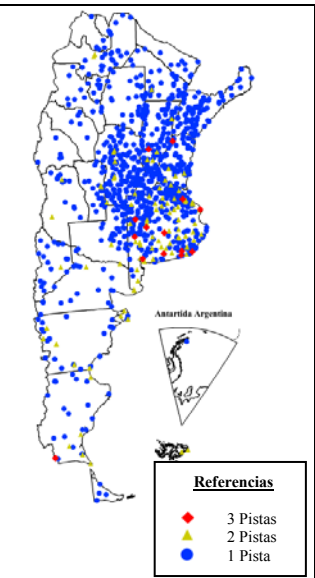


Figura 13: Aeródromos Controlados.

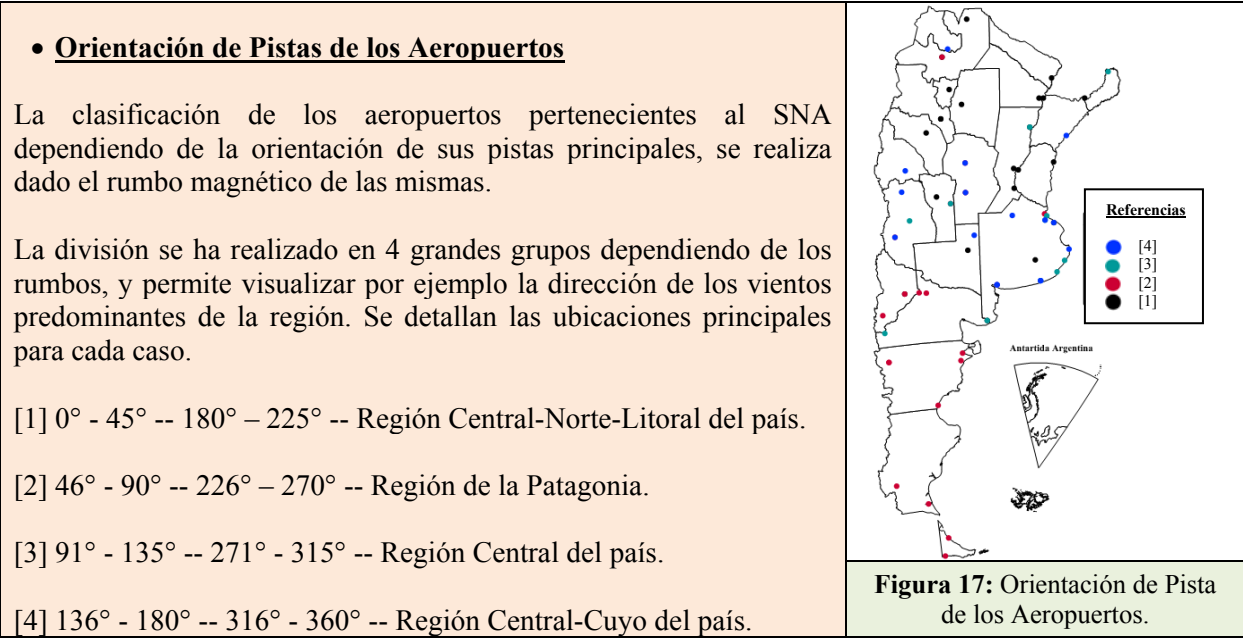
3.10. Por clave de referencia del aeropuerto (Aeropuertos del SNA)

<div><p>• Aeropuertos por Número de Clave de Referencia</p><p>Focalizando el análisis a los aeropuertos pertenecientes al SNA, se puede realizar una clasificación teniendo en cuenta la “Clave de Referencia” del mismo. Esta clave se encuentra relacionada directamente con el tipo de aeronaves que operan en el aeropuerto.</p><p>Una clave mayor denota la presencia de aeronaves de mayor porte con requerimientos de infraestructura más significativos.</p><p>Se ha tenido en cuenta solo el número de la clave lo que da una idea de las longitudes de pista del aeropuerto dada su relación directa con las longitudes de campo de referencia o “LCR” de las aeronaves.</p><p>La mayoría de los aeropuertos del SNA poseen un número de clave 4. Esto significa que la pista permite la operación de aeronaves con LCR mayores a los 1800 m.</p><p>Los aeropuertos restantes presentan un numero de clave 3 equivalente a un LCR de entre 1200 m. y 1800 m.</p></div>	<div><p>Referencias</p><ul style="list-style-type: none">N°4N°3</div> <p>Figura 14: Aeropuertos por Número de Clave de Referencia.</p>
---	--

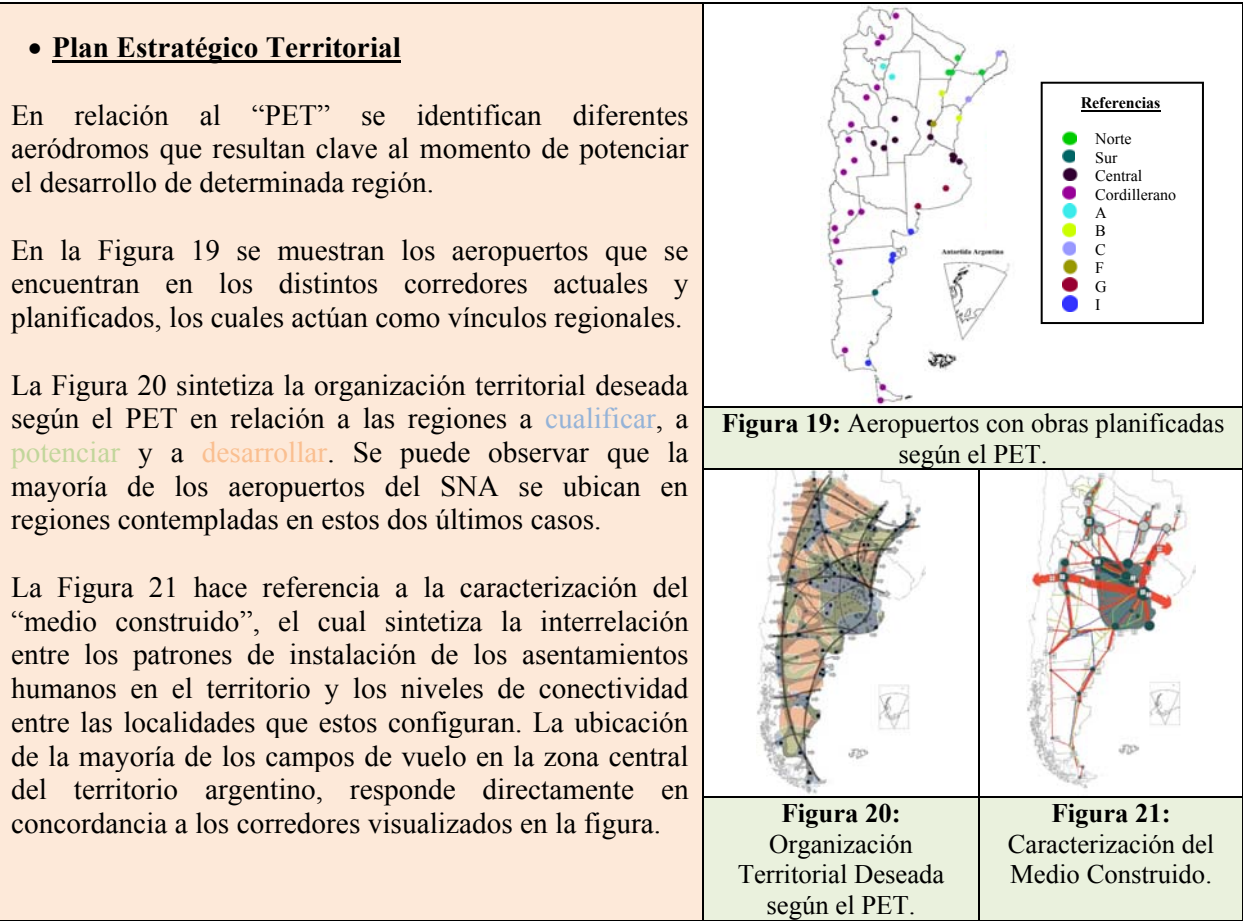
3.11. Por cantidad de pistas

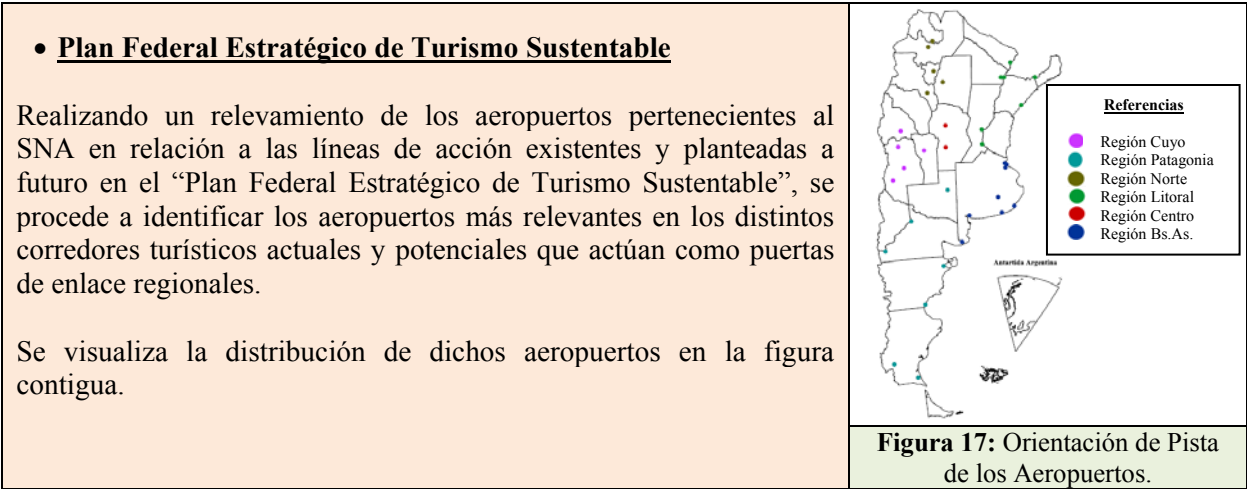
<div><p>• Campos de Vuelo con 1, 2 y 3 Pistas</p><p>Se ha realizado una clasificación de los campos de vuelo según el número de pistas que presentan, dependiendo del volumen de la actividad aeronáutica que desarrollan y de distintos factores meteorológicos.</p><p>En la Figura 15 se encuentran representados los campos de vuelo con 2 y 3 pistas. El número de campos con 2 pistas es mayor. Este subgrupo de los campos se encuentra ubicado principalmente en la provincia de Buenos Aires.</p><p>En la Figura 16 se observan los campos restantes que presentan solo una pista.</p></div>	<div><p>Referencias</p><ul style="list-style-type: none">3 Pistas2 Pistas</div> <p>Figura 15: Campos de Vuelo con 2 y 3 Pistas.</p>	<div><p>Referencias</p><ul style="list-style-type: none">3 Pistas2 Pistas1 Pista</div> <p>Figura 16: Cantidad de Pistas de los Campos de Vuelo.</p>
---	--	--

3.12. Por orientación de pista (Aeropuertos del SNA)

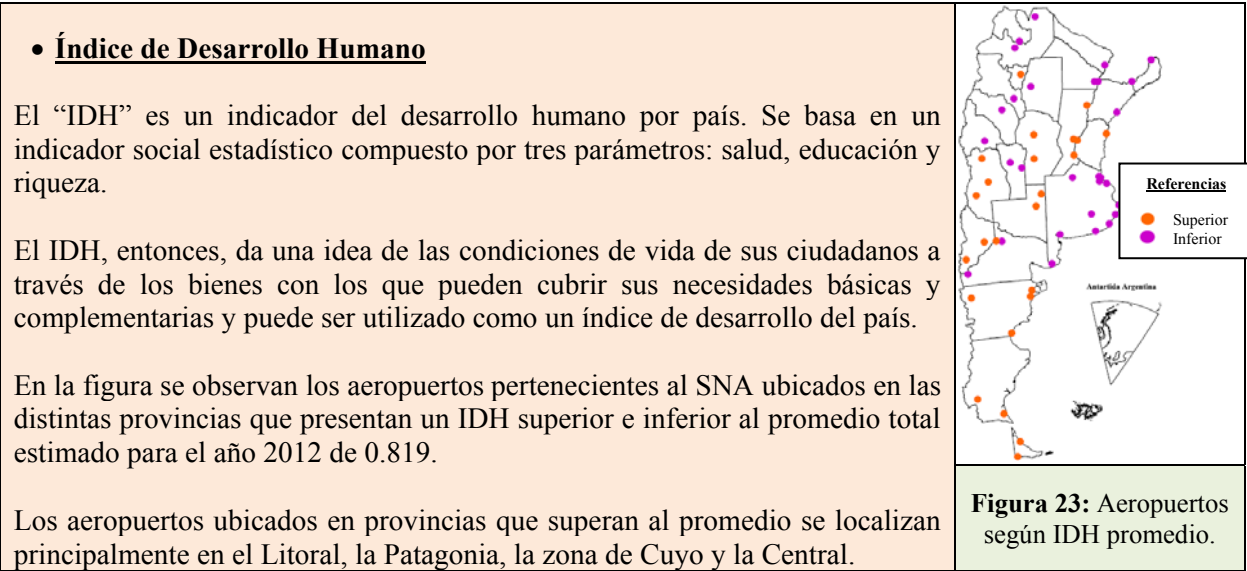
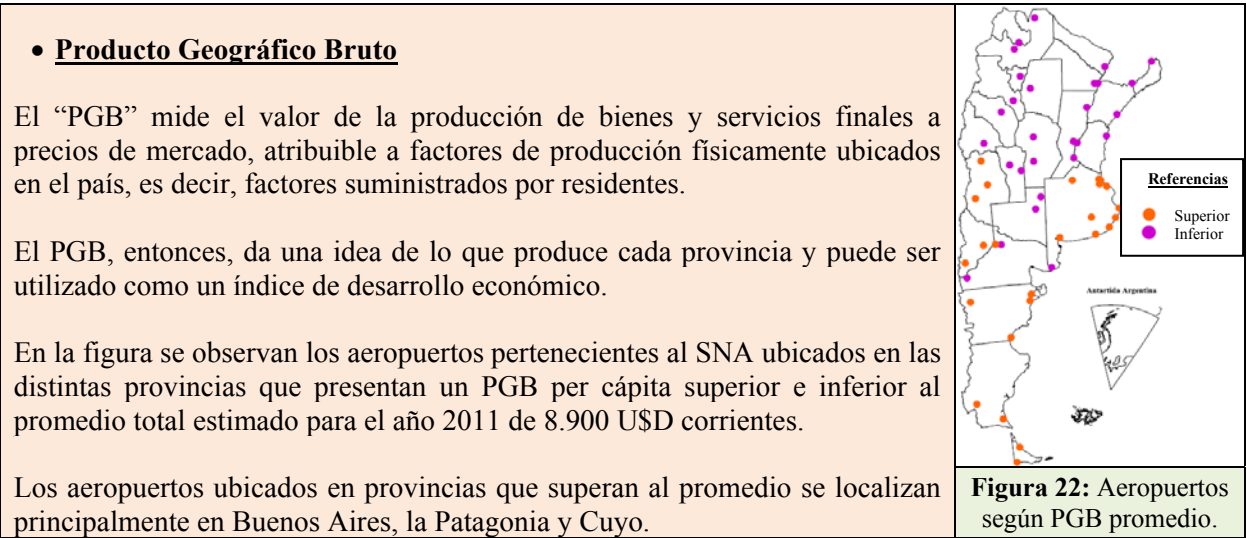


3.13. Por planes estratégicos de desarrollo del país (Aeropuertos del SNA)





3.14. Por índices o indicadores de desarrollo (Aeropuertos del SNA)



4. RESULTADOS

En la presente sección se muestran los totales obtenidos de los campos de vuelo analizados en el territorio argentino. Para ello se plasman los resultados clasificados en subgrupos según los análisis expuestos en la sección anterior.

Tabla 1: Campos de Vuelo y Helipuertos.														
PROVINCIA	Campos de Vuelo													Helipuertos
	Aeródromos										LADs		Total	
	Civiles						Militares		Total					
	Públicos		Privados		Total									
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%		
Buenos Aires	101	56,1	79	43,9	180	96,8	6	3,2	186	60,0	124	40,0	310	54
Ciudad de Buenos Aires	1	100,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	12
Catamarca	2	28,6	5	71,4	7	100,0	0	0,0	7	63,6	4	36,4	11	1
Chaco	6	46,2	7	53,8	13	100,0	0	0,0	13	39,4	20	60,6	33	1
Chubut	10	52,6	9	47,4	19	100,0	0	0,0	19	57,6	14	42,4	33	0
Córdoba	31	48,4	33	51,6	64	98,5	1	1,5	65	45,5	78	54,5	143	50
Corrientes	8	38,1	13	61,9	21	100,0	0	0,0	21	29,2	51	70,8	72	0
Entre Ríos	14	42,4	19	57,6	33	100,0	0	0,0	33	50,0	33	50,0	66	6
Formosa	3	75,0	1	25,0	4	100,0	0	0,0	4	40,0	6	60,0	10	0
Jujuy	3	60,0	2	40,0	5	100,0	0	0,0	5	83,3	1	16,7	6	0
La Pampa	11	55,0	9	45,0	20	100,0	0	0,0	20	52,6	18	47,4	38	1
La Rioja	3	100,0	0	0,0	3	100,0	0	0,0	3	60,0	2	40,0	5	0
Mendoza	8	72,7	3	27,3	11	100,0	0	0,0	11	73,3	4	26,7	15	9
Misiones	5	50,0	5	50,0	10	100,0	0	0,0	10	100,0	0	0,0	10	9
Neuquén	8	53,3	7	46,7	15	100,0	0	0,0	15	78,9	4	21,1	19	10
Rio Negro	15	83,3	3	16,7	18	100,0	0	0,0	18	85,7	3	14,3	21	11
Salta	4	33,3	8	66,7	12	100,0	0	0,0	12	42,9	16	57,1	28	10
San Juan	2	66,7	1	33,3	3	100,0	0	0,0	3	60,0	2	40,0	5	1
San Luis	5	71,4	2	28,6	7	100,0	0	0,0	7	31,8	15	68,2	22	1
Santa Cruz	9	64,3	5	35,7	14	100,0	0	0,0	14	58,3	10	41,7	24	6
Santa Fe	24	35,8	43	64,2	67	100,0	0	0,0	67	56,3	52	43,7	119	2
Santiago del Estero	2	50,0	2	50,0	4	100,0	0	0,0	4	12,5	28	87,5	32	1
Tierra del Fuego	2	50,0	2	50,0	4	66,7	2	33,3	6	85,7	1	14,3	7	14
Tucumán	2	50,0	2	50,0	4	100,0	0	0,0	4	57,1	3	42,9	7	1
TOTALES	279	51,8	260	48,2	539	98,4	9	1,6	548	52,8	489	47,2	1.037	200

Tabla 2: Campos de Vuelo (Particularidades).														
PROVINCIA	Campos de Vuelo (Particularidades)													
	Controlados		Superficie de Pista						Número de Pista					
			Asfalto		Hormigón		Tierra		1		2		3	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Buenos Aires	17	5,5	28	9,0	4	1,3	284	91,6	243	78,4	56	18,1	11	3,5
Ciudad de Buenos Aires	1	100,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0
Catamarca	2	18,2	9	81,8	0	0,0	2	18,2	11	100,0	0	0,0	0	0,0
Chaco	5	15,2	1	3,0	2	6,1	30	90,9	32	97,0	1	3,0	0	0,0
Chubut	8	24,2	5	15,2	2	6,1	26	78,8	24	72,7	8	24,2	1	3,0
Córdoba	11	7,7	10	7,0	1	0,7	134	93,7	137	95,8	6	4,2	0	0,0
Corrientes	5	6,9	4	5,6	1	1,4	67	93,1	72	100,0	0	0,0	0	0,0
Entre Ríos	4	6,1	3	4,5	0	0,0	63	95,5	62	93,9	3	4,5	1	1,5
Formosa	3	30,0	2	20,0	0	0,0	8	80,0	10	100,0	0	0,0	0	0,0
Jujuy	1	16,7	4	66,7	0	0,0	2	33,3	6	100,0	0	0,0	0	0,0
La Pampa	2	5,3	9	23,7	0	0,0	29	76,3	37	97,4	1	2,6	0	0,0
La Rioja	2	40,0	4	80,0	1	20,0	0	0,0	5	100,0	0	0,0	0	0,0
Mendoza	3	20,0	3	20,0	1	6,7	11	73,3	13	86,7	2	13,3	0	0,0
Misiones	4	40,0	5	50,0	0	0,0	5	50,0	10	100,0	0	0,0	0	0,0
Neuquén	3	15,8	11	57,9	0	0,0	7	36,8	18	94,7	1	5,3	0	0,0
Rio Negro	7	33,3	9	42,9	0	0,0	13	61,9	18	85,7	3	14,3	0	0,0
Salta	2	7,1	6	21,4	0	0,0	21	75,0	26	92,9	2	7,1	0	0,0
San Juan	1	20,0	2	40,0	0	0,0	3	60,0	5	100,0	0	0,0	0	0,0
San Luis	3	13,6	3	13,6	1	4,5	18	81,8	20	90,9	2	9,1	0	0,0
Santa Cruz	8	33,3	7	29,2	3	12,5	9	37,5	18	75,0	5	20,8	1	4,2
Santa Fe	6	5,0	2	1,7	5	4,2	110	92,4	113	95,0	5	4,2	1	0,8
Santiago del Estero	1	3,1	2	6,3	0	0,0	30	93,8	32	100,0	0	0,0	0	0,0
Tierra del Fuego	2	28,6	5	71,4	1	14,3	4	57,1	5	71,4	2	28,6	0	0,0
Tucumán	1	14,3	0	0,0	1	14,3	6	85,7	7	100,0	0	0,0	0	0,0
TOTALES	102	9,8	134	12,9	24	2,3	882	85,1	925	89,2	97	9,4	15	1,4

Herrón, Chapela, Hanna, Di Bernardi, Pezzotti - Red de campos de vuelo argentina y su articulación con indicadores y planes estratégicos de desarrollo

Tabla 3: Campos de Vuelo (Particularidades) – Continuación.																
PROVINCIA	Campos de Vuelo (Particularidades)															
	Sistemas ILS								Ayudas a la Navegación							
	CAT I		CAT II		CAT III		Total		DME		NDB		VOR		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Buenos Aires	2	40,0	2	40,0	1	20,0	5	1,6	7	22,6	11	35,5	13	41,9	31	10,0
Ciudad de Buenos Aires	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	100,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0
Catamarca	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	33,3	1	33,3	1	33,3	3	27,3
Chaco	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	3,0	1	25,0	2	50,0	1	25,0	4	12,1
Chubut	2	100,0	0	0,0	0	0,0	2	6,1	4	33,3	4	33,3	4	33,3	12	36,4
Córdoba	2	100,0	0	0,0	0	0,0	2	1,4	1	14,3	2	28,6	4	57,1	7	4,9
Corrientes	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	1,4	0	0,0	1	50,0	1	50,0	2	2,8
Entre Ríos	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	1,5	0	0,0	1	33,3	2	66,7	3	4,5
Formosa	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	10,0	1	50,0	0	0,0	1	50,0	2	20,0
Jujuy	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	16,7	1	33,3	1	33,3	1	33,3	3	50,0
La Pampa	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	2,6	1	25,0	1	25,0	2	50,0	4	10,5
La Rioja	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	50,0	1	50,0	2	40,0
Mendoza	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	6,7	2	40,0	0	0,0	3	60,0	5	33,3
Misiones	0	0,0	2	100,0	0	0,0	2	20,0	3	42,9	1	14,3	3	42,9	7	70,0
Neuquén	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	5,3	2	40,0	1	20,0	2	40,0	5	26,3
Rio Negro	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	4,8	2	25,0	3	37,5	3	37,5	8	38,1
Salta	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	3,6	1	25,0	2	50,0	1	25,0	4	14,3
San Juan	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	1	20,0
San Luis	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	4,5	1	20,0	1	20,0	3	60,0	5	22,7
Santa Cruz	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	4,2	3	23,1	6	46,2	4	30,8	13	54,2
Santa Fe	0	0,0	2	100,0	0	0,0	2	1,7	3	42,9	1	14,3	3	42,9	7	5,9
Santiago del Estero	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	1	3,1
Tierra del Fuego	2	100,0	0	0,0	0	0,0	2	28,6	5	38,5	3	23,1	5	38,5	13	185,7
Tucumán	0	0,0	1	100,0	0	0,0	1	14,3	2	50,0	1	25,0	1	25,0	4	57,1
TOTALES	13	43,3	16	53,3	1	3,3	30	2,9	42	28,6	44	29,9	61	41,5	147	14,2

Tabla 4: Aeropuertos del SNA.						
PROVINCIA	Aeropuertos del SNA					
	Cabotaje		Internacional		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Buenos Aires	7	63,6	4	36,4	11	3,5
Ciudad de Buenos Aires	0	0,0	1	100,0	1	100,0
Catamarca	1	100,0	0	0,0	1	9,1
Chaco	0	0,0	1	100,0	1	3,0
Chubut	2	50,0	2	50,0	4	12,1
Córdoba	1	50,0	1	50,0	2	1,4
Corrientes	0	0,0	2	100,0	2	2,8
Entre Ríos	2	100,0	0	0,0	2	3,0
Formosa	0	0,0	1	100,0	1	10,0
Jujuy	1	100,0	0	0,0	1	16,7
La Pampa	2	100,0	0	0,0	2	5,3
La Rioja	1	100,0	0	0,0	1	20,0
Mendoza	2	66,7	1	33,3	3	20,0
Misiones	0	0,0	2	100,0	2	20,0
Neuquén	2	66,7	1	33,3	3	15,8
Rio Negro	2	66,7	1	33,3	3	14,3
Salta	1	50,0	1	50,0	2	7,1
San Juan	1	100,0	0	0,0	1	20,0
San Luis	2	100,0	0	0,0	2	9,1
Santa Cruz	0	0,0	2	100,0	2	8,3
Santa Fe	2	66,7	1	33,3	3	2,5
Santiago del Estero	1	100,0	0	0,0	1	3,1
Tierra del Fuego	2	100,0	0	0,0	2	28,6
Tucumán	0	0,0	1	100,0	1	14,3
TOTALES	32	60,4	22	41,5	53	5,1

Tabla 5: Aeropuertos del SNA (Particularidades).																				
PROVINCIA	Aeropuertos del SNA (Particularidades)																			
	Orientación de Pista								N° de la Clave de Referencia				Planes Estratégicos				Índices de Desarrollo			
	0° - 45° -- 180° -- 225°		46° - 90° -- 226° -- 270°		91° - 135° -- 271° - 315°		136° - 180° -- 316° - 360°		3		4		Relevantes según PFT		Relevantes según PET		PGB Superiores al promedio		IDH Superiores al promedio	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
	Buenos Aires	2	18,2	2	18,2	4	36,4	8	72,7	6	54,5	5	45,5	7	63,6	1	9,1	11	100,0	0
Ciudad de Buenos Aires	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	1	9,1	0	0,0	1	9,1	0	0,0	1	9,1	0	0,0
Catamarca	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Chaco	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Chubut	0	0,0	5	45,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	36,4	2	18,2	0	0,0	4	36,4	4	36,4
Córdoba	0	0,0	2	18,2	0	0,0	2	18,2	0	0,0	2	18,2	2	18,2	0	0,0	0	0,0	2	18,2
Corrientes	1	9,1	0	0,0	0	0,0	1	9,1	1	9,1	1	9,1	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Entre Ríos	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,1	1	9,1	0	0,0	1	9,1	0	0,0	2	18,2
Formosa	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Herrón, Chapela, Hanna, Di Bernardi, Pezzotti - Red de campos de vuelo argentina y su articulación con indicadores y planes estratégicos de desarrollo

Tabla 5: Aeropuertos del SNA (Particularidades).																				
PROVINCIA	Aeropuertos del SNA (Particularidades)																			
	Orientación de Pista								N° de la Clave de Referencia				Planes Estratégicos				Índices de Desarrollo			
	0° - 45° -- 180° -- 225°		46° - 90° -- 226° -- 270°		91° - 135° -- 271° - 315°		136° - 180° -- 316° - 360°		3		4		Relevantes según PFT		Relevantes según PET		PGB Superiores al promedio		IDH Superiores al promedio	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Jujuy	1	9,1	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	1	9,1	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0
La Pampa	1	9,1	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	2	18,2	1	9,1	0	0,0	0	0,0	2	18,2
La Rioja	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	1	9,1	0	0,0	0	0,0
Mendoza	0	0,0	1	9,1	1	9,1	2	18,2	0	0,0	3	27,3	3	27,3	0	0,0	3	27,3	3	27,3
Misiones	1	9,1	0	0,0	1	9,1	0	0,0	1	9,1	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Neuquén	1	9,1	3	27,3	0	0,0	0	0,0	1	9,1	2	18,2	1	9,1	1	9,1	3	27,3	3	27,3
Rio Negro	1	9,1	1	9,1	2	18,2	0	0,0	1	9,1	2	18,2	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Salta	2	18,2	1	9,1	0	0,0	0	0,0	1	9,1	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
San Juan	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
San Luis	1	9,1	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0	2	18,2	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Santa Cruz	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	18,2	2	18,2	2	18,2	2	18,2	2	18,2
Santa Fe	3	27,3	0	0,0	1	9,1	0	0,0	0	0,0	3	27,3	2	18,2	0	0,0	0	0,0	3	27,3
Santiago del Estero	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Tierra del Fuego	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	18,2	0	0,0	0	0,0	2	18,2	2	18,2
Tucumán	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	9,1	1	9,1	0	0,0	0	0,0	1	9,1
TOTALES	23	209,1	20	181,8	11	100,0	16	145,5	13	118,2	40	363,6	34	309,1	7	63,6	26	236,4	24	218,2

Tabla 6: Aeropuertos del SNA (Relevancia en el desarrollo del país).								
Provincia	Aeropuerto del SNA	N° de Clave de Referencia	Sistemas ILS	Ayudas a la Navegación	Relevante según PFT	Relevante según PET	PGB (Superior al Promedio)	IDH (Superior al Promedio)
Buenos Aires	Ezeiza	4	X	X	X	-	X	-
	Aeroparque	3	X	X	X	-	X	-
	San Fernando	3	-	X	X	-	X	-
	Bahía Blanca	4	X	X	X	-	X	-
	Mar Del Plata	4	X	X	X	-	X	-
	Junín	3	-	X	-	-	X	-
	La Plata	3	-	X	-	X	X	-
	Necochea	3	-	-	X	-	X	-
	Santa Teresita	3	-	-	-	-	X	-
	Tandil	4	X	-	X	-	X	-
	Villa Gesell	4	-	-	-	-	X	-
Córdoba	Córdoba	4	X	X	X	-	-	X
	Río Cuarto	4	X	X	X	-	-	X
Entre Ríos	Paraná	4	X	X	-	X	-	X
	Concordia	3	-	X	-	-	-	X
Corrientes	Corrientes	3	X	-	X	-	-	-
	Paso de los Libres	4	-	X	X	-	-	-
Misiones	Cataratas del Iguazú	4	X	X	-	-	-	-
	Posadas	3	X	X	X	-	-	-
Santa Fé	Reconquista	4	-	X	-	-	-	X
	Rosario	4	X	X	X	-	-	X
	Santa Fé	4	X	X	X	-	-	X
Chaco	Resistencia	4	X	X	X	-	-	-
Formosa	Formosa	3	X	X	X	-	-	-
Salta	Salta	4	X	X	X	-	-	-
	Tartagal	3	-	X	-	-	-	-
Jujuy	Jujuy	4	X	X	X	-	-	-
Tucumán	Tucumán	4	X	X	X	-	-	X
Catamarca	Catamarca	4	-	X	X	-	-	-
La Rioja	La Rioja	4	X	X	-	X	-	-
San Juan	San Juan	4	-	X	X	-	-	-
Mendoza	Malargüe	4	-	X	X	-	X	X
	Mendoza	4	X	X	X	-	X	X
	San Rafael	4	-	X	X	-	X	X
San Luis	San Luis	4	-	X	X	-	-	-
	Villa Reynolds	4	X	X	-	-	-	-
La Pampa	General Pico	4	-	X	-	-	-	X
	Santa Rosa	4	X	X	X	-	-	X
Neuquén	Neuquén	4	X	X	X	-	X	X
	Cutral-Co	3	-	-	-	-	X	X
	San Martín de los Andes	4	-	X	-	-	X	X
Río Negro	Bariloche	3	X	X	X	-	-	-
	Viedma	4	-	X	X	-	-	-
	General Roca	4	-	X	-	-	-	-
Chubut	Comodoro Rivadavia	4	X	X	X	-	X	X
	Esquel	4	X	X	-	-	X	X
	Puerto Madryn	4	-	-	X	-	X	X
	Trelew	4	-	X	-	-	X	X
Santa Cruz	Calafate	4	-	X	X	X	X	X
	Río Gallegos	4	X	X	X	-	X	X
Tierra del Fuego	Río Grande	4	X	X	-	-	X	X
	Ushuaia	4	X	X	-	-	X	X
Santiago del Estero	Santiago del Estero	4	-	X	X	-	-	-

Herrón, Chapela, Hanna, Di Bernardi, Pezzotti - Red de campos de vuelo argentina y su articulación con indicadores y planes estratégicos de desarrollo

5. CONCLUSIONES

Al observar los resultados obtenidos, se pueden destacar conclusiones en cuanto a la configuración de la red de campos de vuelo del país y como la misma influye en los desarrollos urbanos circundantes, a la vez que es afectada por dicho entorno.

Resulta evidente que la red de campos de vuelo se encuentra concentrada en la región central del país, mostrando una convergencia hacia Buenos Aires, que actúa como HUB.

Teniendo en cuenta los planes estratégicos planteados por el Estado siguiendo como referencia las líneas de acción y desarrollo buscados, resulta clara la necesidad de potenciar los principales aeropuertos del interior del país (pertenecientes al SNA por ser los que mayores movimientos poseen, y en los cuales los efectos serían más inmediatos). De esta forma se lograría una descentralización de la red que converge en Buenos Aires por un lado, logrando potenciar en segundo plano el resto de los aeropuertos a nivel regional. Esto resultaría beneficioso a la hora de desarrollar aerolíneas regionales y de bajo costo que cubran la totalidad del territorio nacional, aumentando las zonas de cobertura y las frecuencias de vuelos.

Analizando los diversos índices de desarrollo, se pueden observar zonas que presentan una necesidad y oportunidad de potenciación. Al enfocar el estudio en la red de campos de vuelo, se logran identificar aeropuertos que resultarían clave a la hora de fortalecer los vínculos regionales. Como ejemplo se puede citar la zona norte del país; los aeropuertos de dicha región presentan una oportunidad de mejora, logrando así una conexión más fluida y optimizada que repercutiría directamente en las economías regionales (por ejemplo logrando una mayor explotación a nivel turístico).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Tecnología Industrial -INTI-
- Administración Nacional de Aviación Civil -ANAC-
- Documentación interna -GTA-
- Plan Estratégico Territorial, (2008). Documento de planificación estatal Argentino.
- Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable, (2005). Documento de planificación estatal Argentino.
- Manual de Aeródromos y Helipuertos, (2011). Documento aeronáutico Argentino.
- Lugares Aptos Declarados, (2011). Documento aeronáutico Argentino.
- Páginas varias de Internet.

DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD AÉREA EN MÉXICO. EL CASO DEL GRUPO AEROPORTUARIO DEL CENTRO NORTE

Josué Adonis Lagunes García^a y Alfonso Herrera García^b

^aFacultad de Ingeniería, Instituto Tecnológico de Orizaba
Avenida Tecnológico No. 852, Orizaba, Veracruz, México.

^bCoordinación de Integración del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte
Km. 12, Carretera Querétaro-Galindo, Sanfandila, Mpio. Pedro Escobedo, C.P. 76703. Querétaro, México.

Email: aherrera@imt.mx

RESUMEN

En el presente artículo se realizó un diagnóstico de la actividad aérea comercial del Grupo Aeroportuario del Centro Norte. Para su desarrollo se aplicó el método inductivo a la información estadística obtenida, se utilizó un método analítico, aplicando procedimientos matemáticos y estadísticos para establecer y validar los modelos de series de tiempo que emulan el comportamiento de los flujos y se aplicó el método sintético para relacionar los elementos encontrados y emitir conclusiones que explican los resultados. Se encontró que en 2012 este grupo aeroportuario ocupó en México el cuarto lugar en pasajeros y el tercero en carga. Tuvo interacción con el 73% de los aeropuertos mexicanos y 28% con los internacionales. Todos los aeropuertos de este grupo presentaron subutilización en cuanto al movimiento de pasajeros. Se observó estacionalidad en la demanda de pasajeros durante los periodos vacacionales; pero, no así en el comportamiento de la carga. Además, se observaron en este grupo tasas de crecimiento medio anual significativas, tanto para pasajeros como para carga. Para disminuir la subutilización de estos aeropuertos se recomendó establecer un paquete ampliado de servicios (ventas comerciales, servicios turísticos, logísticos y de consultoría) y estrategias para reutilizar espacios dentro del aeropuerto.

Palabras clave: actividad aérea, diagnóstico, modelo, subutilización.

ABSTRACT

In this article it was performed a diagnosis of the commercial air activity of the Grupo Aeroportuario del Centro Norte. For the development of this article it was applied an inductive method to the statistical information obtained, later an analytical method was used, applying mathematical and statistical procedures in order to establish and validate the time series models that emulate the behavior of the flows, and finally, a synthetic method was applied to relate the items found and draw conclusions that explain the results. It was established that in 2012 this airport group in Mexico ranked fourth in passengers and third in cargo. This group had interaction with 73% of the Mexican airports and 28% with the international airports. All the airports of this group had underutilization on the movement of passengers. Seasonality was observed in passenger demand during holiday periods, but not in the behavior of the cargo. Furthermore, in this group significant average annual growth rates for passengers and cargo were observed. To reduce the underutilization of these airports, it was recommended to establish an expanded package of services (commercial sales; tourist, logistical and consultancy services) and strategies to reuse spaces inside the airport.

Keywords: air activity, diagnostic, model, underutilization.

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector aéreo es muy sensible a la actividad económica y a los precios de los combustibles fósiles, en particular al costo de la turbosina, dado que es un componente significativo de sus costos de operación y por otra parte, la actividad económica afecta la demanda de movilidad de personas y a ciertas actividades económicas como el turismo, además incentiva el movimiento de bienes.

En 1998 se llevó a cabo la apertura del Sistema Aeroportuario Mexicano a la inversión privada como parte de un programa implementado por el Gobierno Mexicano. En Mayo de 2000, la licitación pública del paquete accionario del Socio Estratégico de Grupo Aeroportuario del Centro Norte fue ganada por la empresa Operadora Mexicana de Aeropuertos (OMA). En septiembre del año 2000, tomó posesión de los 13 aeropuertos que integran al grupo: Acapulco, Ciudad Juárez, Chihuahua, Culiacán, Durango, Mazatlán, Monterrey, Reynosa, San Luis Potosí, Tampico, Torreón, Zacatecas y Zihuatanejo.

Durante 2012 en la República Mexicana se realizaron más de 1 millón de operaciones aéreas entre cada uno de los aeropuertos que conforman los distintos grupos aeroportuarios y los extranjeros. Las operaciones dentro del territorio mexicano superaron los 748 mil vuelos y para el caso de las operaciones internacionales se contabilizaron más de 281 mil vuelos. También en ese mismo año en México se movieron casi 85 millones pasajeros provenientes de territorio nacional como de territorio internacional, la cantidad de pasajeros domésticos transportada en ese año fue de 56.4 millones, mientras que en el aspecto internacional la cantidad fue de 28.4 millones de pasajeros. Por último, en cuanto a la carga aérea se transportaron más de 698 mil toneladas, de las cuales aproximadamente 262 mil toneladas correspondieron al movimiento doméstico y 436 mil toneladas al comercio exterior.

El objetivo general de este artículo fue realizar un diagnóstico de la actividad aérea comercial del Grupo Aeroportuario del Centro Norte. Para ello, se planteó un análisis integral haciendo uso de métodos inductivos y analíticos así como de la estadística descriptiva y modelos de pronósticos. En la Figura 1 se observa que el grupo OMA se ubica en cuarto lugar (15%) en cuanto a la cantidad de pasajeros totales que se contabilizaron en 2012 en México, mientras que en la Figura 2 se aprecia que el grupo OMA está ubicado en tercer lugar (13%) en lo que respecta a la cantidad de carga total registrada en 2012, por lo que existe una oportunidad de mejora para que este grupo pueda incrementar su participación.

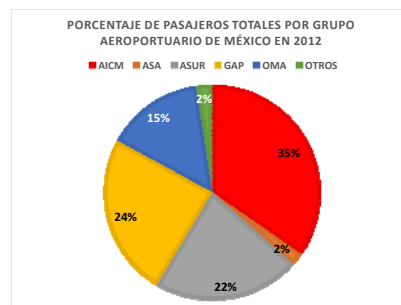


Figura 1. Porcentaje de pasajeros totales por grupo aeroportuario en México durante 2012.

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

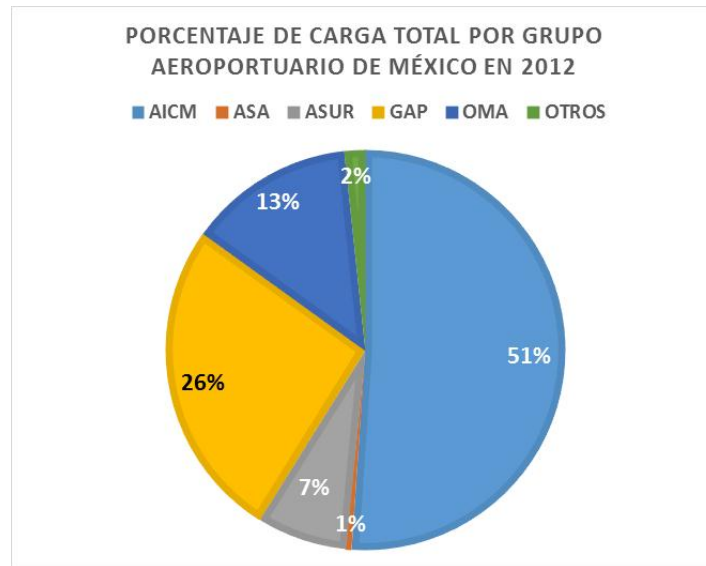


Figura 2. Porcentaje de carga total por grupo aeroportuario de México en 2012.

Un indicador importante en cuanto al crecimiento o decremento porcentual de pasajeros y carga en los aeropuertos es la tasa de crecimiento medio anual (TCMA) [1], la cual se calcula de la siguiente manera:

$$TCMA = \left[\sqrt[n]{\frac{V_p}{V_i}} - 1 \right]$$

En donde:

V_p = Es el valor final del periodo que se está analizando.

V_i = Es el valor inicial del periodo que se está analizando.

n = año final – año inicial del periodo analizado.

Debido a la importancia de conocer el crecimiento del grupo OMA se decidió hacer este análisis para cada uno de sus aeropuertos. Se estableció como periodo de análisis el intervalo 2003 – 2012. En las tablas 1 y 2 se consignan dichas tasas de crecimiento.

Tabla 1. TCMA de los pasajeros por aeropuerto de grupo OMA en el periodo 2003 – 2012.

AEROPUERTOS	TCMA (2003 - 2012)
ACAPULCO	-86.81%
ZIHUATANEJO	-79.45%
MAZATLAN	-65.98%
ZACATECAS	78.00%
TORREON	82.92%
DURANGO	86.40%
CIUDAD JUAREZ	90.20%
CHIHUAHUA	94.22%
SAN LUIS POTOSI	94.59%
MONTERREY	96.15%
TAMPICO	97.93%
REYNOSA	102.92%
CULIACAN	102.55%

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

Tabla 2. TCMA de la carga por aeropuerto de grupo OMA en el periodo 2003 – 2012.

AEROPUERTOS	TCMA (2003 - 2012)
ZACATECAS	-99.12%
ZIHUATANEJO	-94.68%
TAMPICO	-89.06%
DURANGO	-88.05%
TORREON	-87.00%
REYNOSA	-85.46%
CIUDAD JUAREZ	70.65%
MONTERREY	76.20%
MAZATLAN	90.95%
CULIACAN	92.70%
CHIHUAHUA	96.49%
SAN LUIS POTOSI	98.26%
ACAPULCO	99.21%

Estas tasas se utilizarán como uno de los criterios para medir el desempeño de los distintos aeropuertos que conforman al grupo OMA.

Otra forma de medir la eficiencia de un aeropuerto consiste en determinar el porcentaje de subutilización que presentan sus instalaciones, en el caso particular de grupo OMA solo se pudieron obtener datos para calcular el porcentaje de subutilización en cuanto a la cantidad de pasajeros atendidos. En este caso se consideró que cada uno de sus aeropuertos ofrecía como máximo una disponibilidad de 24 horas al día, los 365 días del año. Por otro lado, se obtuvo la capacidad de cada una de sus instalaciones para atender a los pasajeros. De esta forma se determinó la capacidad de cada una de las instalaciones aeroportuarias (oferta) y se comparó con la demanda real de pasajeros en 2012, en cada aeropuerto del grupo OMA. En la tabla siguiente se muestra un resumen de las estimaciones, en términos del porcentaje de subutilización de cada aeropuerto.

Tabla 3. Porcentaje de subutilización para los aeropuertos del grupo OMA en 2012.

AEROPUERTOS	SUBUTILIZACION
ACAPULCO	95.81%
MAZATLAN	92.16%
ZACATECAS	92.08%
DURANGO	91.62%
ZIHUATANEJO	90.90%
TAMPICO	89.41%
SAN LUIS POTOSI	88.08%
CIUDAD JUAREZ	80.97%
REYNOSA	78.08%
TORREON	73.33%
CHIHUAHUA	72.44%
MONTERREY	46.98%
CULIACAN	20.42%

Desde luego los aeropuertos que presentan los porcentajes de subutilización más elevados son los que están en un punto crítico en cuanto a la utilización de los espacios para pasajeros en la terminal y este porcentaje también se consideró como un elemento para evaluar la eficiencia de estos aeropuertos.

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

Por otra parte, algunos de los aeropuertos que están a cargo de grupo OMA se ubican en zonas donde predomina la inseguridad, originada principalmente por el crimen organizado. Por lo cual, se determinó la correlación entre el número de pasajeros anuales de cada aeropuerto y la cantidad de delitos anuales en la entidad federativa donde se ubica. Se consideró información estadística del periodo 2003 a 2012. Las estimaciones tanto para pasajeros como para carga se presentan en las tablas 4 y 5 respectivamente.

Tabla 4. Coeficiente de correlación pasajeros vs. seguridad, en los aeropuertos del grupo OMA.

AEROPUERTOS	COEFICIENTE DE CORRELACION
ZIHUATANEJO	-75.50%
ACAPULCO	-72.00%
ZACATECAS	-58.33%
DURANGO	-45.41%
REYNOSA	-39.74%
SAN LUIS POTOSI	-35.77%
MAZATLAN	-25.14%
CIUDAD JUAREZ	-22.85%
TORREON	-16.91%
MONTERREY	8.47%
TAMPICO	6.25%
CHIHUAHUA	-4.35%
CULIACAN	N/A

Tabla 5. Coeficiente de correlación carga vs. seguridad, en los aeropuertos del grupo OMA.

AEROPUERTOS	COEFICIENTE DE CORRELACION
TORREON	-84.24%
DURANGO	-78.66%
ZACATECAS	-60.08%
ACAPULCO	53.04%
ZIHUATANEJO	-49.11%
SAN LUIS POTOSI	-47.70%
CIUDAD JUAREZ	-37.15%
TAMPICO	36.58%
REYNOSA	16.56%
CHIHUAHUA	9.68%
MONTERREY	-9.14%
MAZATLAN	2.26%
CULIACAN	N/A

De acuerdo con estos valores y considerando que un coeficiente mayor a -50% indica una correlación mínima entre los factores considerados, entonces los aeropuertos que si se ven afectados en alguna medida por la delincuencia son: Zihuatanejo, Acapulco y Zacatecas para pasajeros; y Torreón, Durango, Zacatecas y Acapulco para carga.

Otro factor importante en la operación de cualquier aeropuerto se relaciona con su demanda futura. Aunque ésta no se puede determinar con una exactitud del 100%, mediante pronósticos se puede

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

obtener una buena aproximación. Para el caso de los aeropuertos del grupo OMA se definió una metodología basada en modelos de pronósticos, considerando que solo se tienen series de tiempo para pasajeros y carga. En el caso de las series para pasajeros se consideraron los movimientos mensuales, para el periodo 2008 – 2012, con objeto de detectar periodos estacionales. En el caso de las series de tiempo para la carga fueron considerados los movimientos anuales, para el periodo 2003 – 2012. El detalle de la metodología utilizada se presenta a continuación

METODOLOGÍA

De acuerdo con lo señalado en la introducción, la metodología utilizada consideró a los modelos de series de tiempo. Éstos permiten trabajar con datos históricos, sus características se resumen en la Tabla 5 [2].

Tabla 5. Modelos de series de tiempo.

MODELOS DE SERIES DE TIEMPO	CARACTERÍSTICAS
Método de análisis de tendencias	Recomendable si no hay estacionalidad.
Método de descomposición	Recomendable cuando existe estacionalidad.
Promedios Móviles	Cuando no se presenta ni tendencia ni estacionalidad.
Suavización exponencial simple	Cuando no hay tendencia ni estacionalidad.
Suavización exponencial doble	Presencia de tendencia pero no de estacionalidad.
Holt Winters	Cuando existe estacionalidad.
ARIMA	Cuando haya tendencia o estacionalidad o ambas.

Los modelos autorregresivos integrados de media móvil (ARIMA) se basan principalmente en identificar comportamientos autorregresivos o de medias móviles en los diagramas de autocorrelación y autocorrelación parcial. Se recomienda utilizarlos cuando existan más de 50 datos. La metodología utilizada para definir modelos confiables de pronósticos de cada serie de tiempo se presenta en la Figura 4. Ésta con base en los objetivos establecidos, la definición de funciones, el establecimiento de requerimientos de diseño y la evaluación de alternativas, sigue una serie de pasos para establecer cada modelo [3].

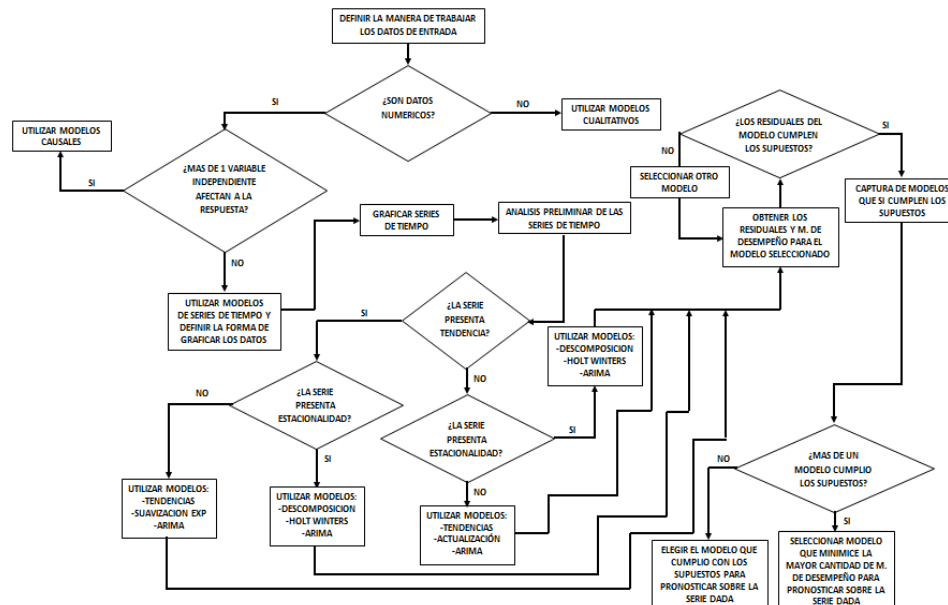


Figura 4. Metodología para establecer los modelos de pronóstico de las series de tiempo.

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

Debido a que esta metodología aplica a modelos de series de tiempo, como primer paso se requiere graficar las series de tiempo para pasajeros y carga de cada aeropuerto. A continuación se presenta un ejemplo, para el caso del aeropuerto de Monterrey (figuras 5 y 6).

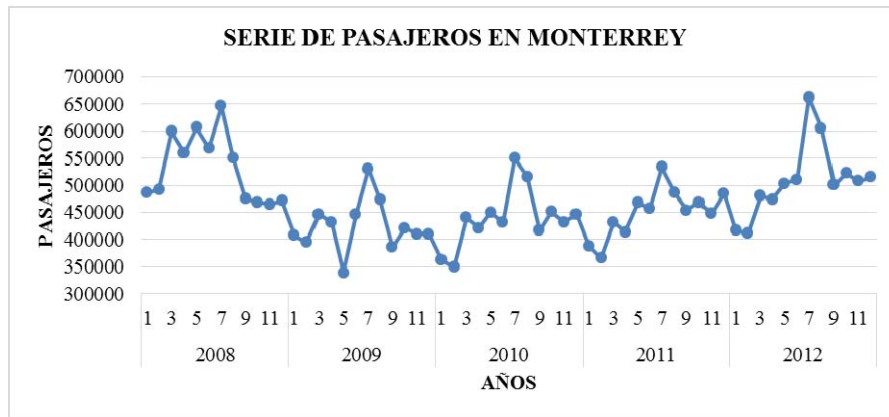


Figura 5. Serie de tiempo de pasajeros en el aeropuerto de Monterrey.

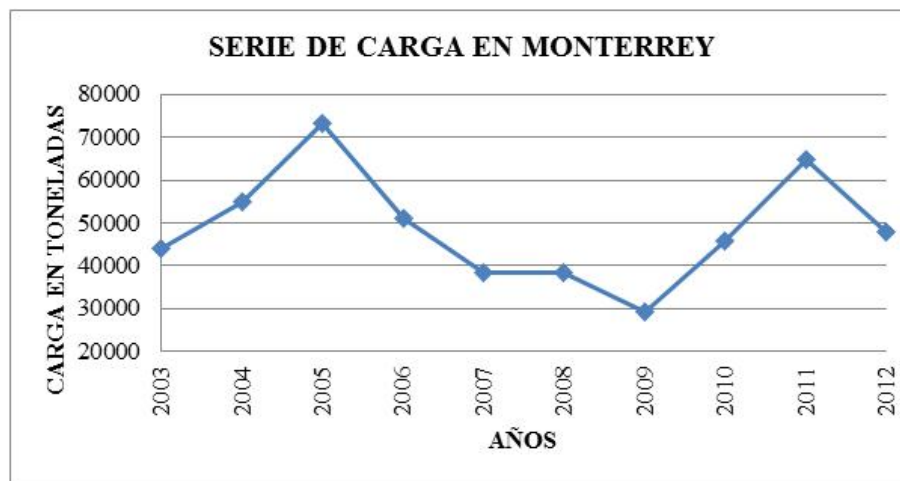


Figura 6. Serie de tiempo de carga en el aeropuerto de Monterrey.

Las series de tiempo presentan distintos comportamientos, por ejemplo, su tendencia puede ser creciente o decreciente. Otro factor es la estacionalidad, la cual se observa dentro de un periodo anual, ésta se presentará comúnmente en series cuyos periodos tienen variaciones con comportamientos similares de un mes a otro en diferentes años. Otro posible comportamiento es la ciclicidad, ésta es más difícil de observar ya que se presenta en periodos de tiempo mayores a un año y su comportamiento se debe a eventos no previstos dentro del curso de la serie de tiempo. Por lo anterior, para definir un modelo adecuado se tiene que saber primero que componentes se presentan en cada serie de tiempo y para ello se deben realizar varias pruebas [4].

En el caso de los pasajeros, para detectar si una serie presenta tendencia o no, se pueden utilizar las pruebas de Pearson, Mann Kendall y/o mínimos cuadrados. Mientras que para las de carga, debido a que se presenta un número menor de datos, sólo se utilizó la prueba de Pearson. Cada una de las pruebas tuvo como planteamiento en sus hipótesis las siguientes consideraciones:

$H_0: \rho = 0$, la serie no presenta tendencia

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

Ha: $\rho \neq 0$, la serie presenta tendencia

Por lo tanto, si $F \leq \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la serie tiene tendencia. El valor de α se consideró igual a 0.05, es decir, se estableció un nivel de confianza de 95%.

Para el caso de la prueba de mínimos cuadrados, la zona de rechazo de H_0 es la siguiente: $|t_r| > t$, si esto llega a suceder se concluiría que la serie presenta tendencia. El valor de α será nuevamente de 0.05, es decir un 95% de confianza para los resultados.

Para el caso de la estacionalidad, sólo se consideró la prueba de mínimos cuadrados, que fue aplicada para las series de pasajeros, en este caso, su prueba de hipótesis fue:

$H_0: \rho = 0$, la serie no presenta estacionalidad

Ha: $\rho \neq 0$, la serie presenta estacionalidad

La zona de rechazo de H_0 es $F_{calc} > F_{tab}$, esto quiere decir que se rechazaría la hipótesis nula y la conclusión que se tendría es que la serie presenta estacionalidad, de lo contrario no se presentaría. El valor de α utilizado fue de 0.05, o dicho de otra manera la prueba se realizará con un 95% de confianza [5].

Una vez obtenidos dichos resultados se establecieron los modelos a probar para cada serie, los cuales para las series que presentaban tendencia y estacionalidad fueron: modelo de descomposición, Holt Winters y ARIMA; para series con solo tendencia: modelos de tendencias, modelo de suavización exponencial y ARIMA; para series con solo estacionalidad: modelo de descomposición, Holt Winters y ARIMA; y para series sin tendencia y sin estacionalidad: modelos de tendencia, actualización y ARIMA. Cabe mencionar que si la serie presentaba menos de 50 datos, los modelos ARIMA fueron descartados, y ante cualquier indicio visual de tendencia o estacionalidad se tomaron en cuenta más modelos.

Posteriormente, se probaron los supuestos de normalidad (pruebas de Anderson, Ryan y Kolmogorov) e independencia (prueba de rachas) sobre los residuales de cada modelo establecido, con la finalidad de utilizar los modelos más confiables. Considerándolo como confiable cuando se aceptaba la hipótesis nula en dos o más pruebas de normalidad, lo cual dicta que los datos siguen una distribución normal, y cuando se aceptaba la hipótesis nula en la prueba de rachas, que dicta que los datos son independientes y aleatorios. Los supuestos anteriores sólo aplicaron a las series de pasajeros, ya que en el caso de las series de carga, debido a que se utilizan menos datos lo más recomendable fue evaluar las medidas de desempeño.

La siguiente etapa consistió en evaluar las medidas de desempeño de los modelos que previamente habían cumplido con los supuestos antes mencionados, para las series de pasajeros. También, se evaluaron dichas medidas para los modelos probados sobre las series de carga. En ambos casos se obtuvo un modelo que minimiza la mayor cantidad de medidas de desempeño. Dichas medidas son:

Desviación media absoluta (MAD) [4]

Mide la precisión por el promedio de las magnitudes de los errores del pronóstico, son valores absolutos para evitar hacer eliminación entre valores positivos y negativos.

$$MAD = \frac{\sum |e_t|}{n} \quad (1)$$

En donde:

e_t = El error, que es la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado en el periodo t.

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

$\sum_{t=1}^n |e_t|$ = La sumatoria desde $i = 1$ hasta n del valor absoluto del error en el periodo t .
 n = El número de periodos sobre el cual se hicieron las estimaciones.

Error medio cuadrado (MSE) [4]

Es similar a MAD pero aquí se elevan los errores al cuadrado

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} \quad (2)$$

En donde:

$\sum_{t=1}^n e_t^2$ = La sumatoria desde $i = 1$ hasta n del error al cuadrado en el tiempo t .
 n = El número de periodos sobre el cual se hicieron las estimaciones.

Raíz del error medio cuadrado (RMSE) [4]

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (3)$$

En donde:

MSE = El error medio cuadrado.

Porcentaje medio de error absoluto (MAPE) [4]

Se expresa como un porcentaje del error relativo para introducir una única escala de evaluación.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{F_t} \right|}{n} * 100\% \quad (4)$$

En donde:

$\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{F_t} \right|$ = La sumatoria desde $i = 1$ hasta n del valor absoluto del cociente del error entre el valor real en el periodo t .
 n = El número de periodos sobre el cual se hicieron las estimaciones.

Por tal motivo, los modelos seleccionados para pronosticar sobre las series de pasajeros y carga de los aeropuertos de grupo OMA fueron:

Tabla 6. Modelos seleccionados para establecer pronósticos sobre las series de pasajeros.

AEROPUERTO	SERIE	MODELO SELECCIONADO
ACAPULCO	PASAJEROS	ARIMA (0,1,1)(1,2,1) con constante
CHIHUAHUA	PASAJEROS	ARIMA (0,1,1)(0,1,1) con constante
CIUDAD JUAREZ	PASAJEROS	ARIMA (1,1,0)(0,1,1) con constante
CULIACAN	PASAJEROS	ARIMA (1,1,0)(0,1,1) con constante
DURANGO	PASAJEROS	ARIMA (1,0,0)(0,1,1) sin constante
MAZATLAN	PASAJEROS	ARIMA (1,0,0)(2,1,0) sin constante
MONTERREY	PASAJEROS	ARIMA (0,1,1)(1,1,1) con constante
REYNOSA	PASAJEROS	ARIMA (0,1,0)(1,1,1) con constante
SAN LUIS POTOSI	PASAJEROS	ARIMA (0,1,1)(2,1,1) con constante
TAMPICO	PASAJEROS	ARIMA (1,0,0)(0,1,1) sin constante
TORREON	PASAJEROS	ARIMA (0,1,1)(0,1,1) con constante
ZACATECAS	PASAJEROS	ARIMA (1,0,0)(0,1,1) sin constante
ZIHUATANEJO	PASAJEROS	ARIMA (1,0,0)(0,1,1) con constante
GRUPO OMA	PASAJEROS	ARIMA (1,0,1)(0,2,2) sin constante

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

Tabla 7. Modelos seleccionados para establecer pronósticos sobre las series de carga

SERIE	MODELO SELECCIONADO
ACAPULCO CARGA	TENDENCIA CUADRATICA
CHIHUAHUA CARGA	PROMEDIO MOVIL 3
CIUDAD JUAREZ CARGA	PROMEDIO MOVIL 3
CULIACAN CARGA	TENDENCIA CUADRATICA
DURANGO CARGA	PROMEDIO MOVIL 3
MAZATLAN CARGA	TENDENCIA CUADRATICA
MONTERREY CARGA	TENDENCIA CUADRATICA
REYNOSA CARGA	TENDENCIA CUADRATICA
SAN LUIS POTOSI CARGA	TENDENCIA CUADRATICA
TAMPICO CARGA	TENDENCIA CUADRATICA
TORREON CARGA	PROMEDIO MOVIL 3
ZACATECAS CARGA	-
ZIHUATANEJO CARGA	TENDENCIA CUADRATICA
GRUPO OMA CARGA	TENDENCIA CUADRATICA

Con base en las capacidades de los modelos utilizados, el horizonte para los pronósticos de pasajeros fue de 2013 a 2014 en meses, y para los de carga solamente para el valor anual de 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados al aplicar los modelos previamente establecidos para cada serie se muestran de una manera resumida en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Pronósticos para el flujo de pasajeros en los aeropuertos de grupo OMA (2013-2014).

AEROPUERTOS	PRONOSTICOS
DURANGO	Decrecimiento
MAZATLAN	Decrecimiento
ZIHUATANEJO	Decrecimiento
ACAPULCO	Crecimiento
CHIHUAHUA	Crecimiento
CIUDAD JUAREZ	Crecimiento
CULIACAN	Crecimiento
MONTERREY	Crecimiento
REYNOSA	Crecimiento
SAN LUIS POTOSI	Crecimiento
TAMPICO	Crecimiento
TORREON	Crecimiento
ZACATECAS	Crecimiento

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

Tabla 9. Pronósticos para el flujo de carga en los aeropuertos de grupo OMA (2013-2014).

AEROPUERTOS	PRONOSTICOS
CHIHUAHUA	Decrecimiento
CIUDAD JUAREZ	Decrecimiento
CULIACAN	Decrecimiento
DURANGO	Decrecimiento
REYNOSA	Decrecimiento
TAMPICO	Decrecimiento
TORREON	Decrecimiento
ZACATECAS	Decrecimiento
ZIHUATANEJO	Decrecimiento
ACAPULCO	Crecimiento
MAZATLAN	Crecimiento
MONTERREY	Crecimiento
SAN LUIS POTOSI	Crecimiento

En este caso los aeropuertos críticos son aquellos en los que se estimó un decremento de sus flujos, ya sea de pasajeros o carga.

Con base en los comportamientos estimados para cada aeropuerto, en cuanto a flujo de pasajeros y carga, se elaboró un cuadro comparativo en el que se consideraron los siguientes criterios para medir el desempeño de cada aeropuerto: para el flujo de pasajeros la TCMA, el porcentaje de subutilización, el coeficiente de correlación y el comportamiento futuro de los flujos (pronósticos), y para el flujo de carga los mismos, excepto el porcentaje de subutilización, dándoles un punto a aquellos aeropuertos que en cada criterio establecido superen el valor crítico que previamente se señaló. En la Tabla 10 se muestra la puntuación para cada aeropuerto, considerando por separado los flujos de pasajeros y los de carga, y en la Tabla 11 la evaluación considerando ambos criterios.

Tabla 10. Aeropuertos del Grupo OMA con mayor cantidad de puntos críticos.

CRITERIOS PARA PASAJEROS		CRITERIOS PARA CARGA	
AEROPUERTO	CRITERIOS	AEROPUERTO	CRITERIOS
ZIHUATANEJO	4	DURANGO	3
ACAPULCO	3	TORREON	3
MAZATLAN	3	ZACATECAS	3
DURANGO	2	REYNOSA	2
ZACATECAS	2	TAMPICO	2
CHIHUAHUA	1	ZIHUATANEJO	2
CIUDAD JUAREZ	1	CHIHUAHUA	1
REYNOSA	1	CIUDAD JUAREZ	1
SAN LUIS POTOSI	1	CULIACAN	1
TAMPICO	1	ACAPULCO	0
TORREON	1	MAZATLAN	0
CULIACAN	0	MONTERREY	0
MONTERREY	0	SAN LUIS POTOSI	0

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

Tabla 11. Aeropuertos del Grupo OMA con mayor cantidad de puntos críticos en total.

AEROPUERTO	SUMA DE CRITERIOS
ZIHUATANEJO	6
DURANGO	5
ZACATECAS	5
TORREON	4
ACAPULCO	3
MAZATLAN	3
REYNOSA	3
TAMPICO	3
CHIHUAHUA	2
CIUDAD JUAREZ	2
CULIACAN	1
SAN LUIS POTOSI	1
MONTERREY	0

CONCLUSIONES

En relación con los flujos de pasajeros, los aeropuertos que presentan los valores más críticos en orden descendente son: Zihuatanejo, Acapulco, Mazatlán, Durango y Zacatecas. Para estos aeropuertos se recomienda una estrategia que incluya un paquete ampliado de servicios, el cual consiste en servicios de ventas comerciales, turísticos, de congresos y de consultoría [6]. Todos estos servicios podrían generar e incrementar los flujos de pasajeros. Dentro de las estrategias para la reutilización de instalaciones aeroportuarias se recomienda el establecimiento de una aerolínea de reemplazo y la reutilización adaptativa [7]. En particular, para el caso del aeropuerto de Acapulco, en donde si bien los pronósticos son prometedores para los siguientes periodos, se tiene que propiciar un mayor nivel de seguridad en la entidad donde se ubica (Guerrero).

Por otro lado, en relación con los flujos de carga aérea, los aeropuertos que presentan la situación más crítica en orden descendente son: Durango, Torreón, Zacatecas, Reynosa, Tampico y Zihuatanejo. Para estos aeropuertos se recomienda evaluar una estrategia que ofrezca servicios logísticos [6] y dentro de las estrategias para la reutilización de sus instalaciones, el establecer una aerolínea de reemplazo y la reutilización adaptativa [7].

En forma global, considerando todos los criterios críticos, tanto de pasajeros como de carga, resulta que los aeropuertos del grupo OMA con las mayores oportunidades de mejora son: Zihuatanejo, Durango, Zacatecas y Torreón. Estos aeropuertos presentan condiciones críticas totales por arriba de la media del valor máximo observado. Por otro lado, el aeropuerto de Monterrey aparece como el aeropuerto con el mejor desempeño.

REFERENCIAS

- [1] Herrera García Alfonso. 2006. Alternativas de solución para problemas de capacidad aeroportuaria. Publicación Técnica No. 284. Instituto Mexicano del Transporte. México.
- [2] Bowerman Bruce L., Anne B. Koehler y Richard T. O'connell. 2007. Pronósticos, series de tiempo y regresión. Un enfoque aplicado. Cenage Learning. Cuarta Edición. México.

Lagunes y Herrera – Diagnóstico de la actividad aérea en México. El caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte.

- [3] Cross Nigel. 1999. Métodos de diseño, estrategias para el diseño de productos. Editorial LIMUSA. México.
- [4] Diebold Francis X. 2001. Elementos de pronósticos. Thomson Learning. México.
- [5] Farnum Nicholas R. 1989. Quantitative forecasting methods. PWS-Kent. USA.
- [6] Rico Galeana Oscar A. 2002. Estrategias de actuación comercial para las terminales con baja utilización en la nueva estructura aeroportuaria mexicana. Publicación Técnica No. 212. Instituto Mexicano del Transporte. México.
- [7] Transportation Research Board. 2011. Strategies for reuse of underutilized or vacant airport facilities. ARCP, 2011. - Vol. Synthesis 25. Washington D.C. USA.

SUEÑO Y FATIGA

LIMITACIONES HUMANAS Y RIESGO EN PILOTOS DE LÍNEAS AEREAS

Alejandro Lòpez Camelo (a) y Marcelo Muro (b)

a , Comandante Flota Airbus 340 Aerolíneas Argentinas, RVP (Regional Vice President)
IFALPA, Investigador de Accidentes Aéreos, Instructor de Factores Humanos CRM, Instructor de
SMS (Safety Management System) de OACI, Miembro permanente del Comité de Seguridad de APLA
Lezica 4031, Capital Federal
seguridad@apla.org.ar

b.. Médico examinador personal aeronáutico, Especialista en Cirugía General, Ex
Director General del SAME de Buenos Aires, Ex Director Nacional de Emergencias Sanitarias, Ex
miembro de UNDAC United Nations Disaster Assessment and Coordination, Investigador Accidentes
Aéreos, Miembro permanente del Comité de Seguridad de APLA, Instructor de Factores Humanos
CRM, Primer Oficial Flota Airbus 340 Aerolíneas Argentinas.
Gral Paz 450, piso 14 Dto. C , Capital Federal. Cp 1429
marcelormuro@gmail.com

RESUMEN

Se analiza en el presente trabajo distintos aspectos fisiopatológicos del sueño y de la fatiga, y su relación con tareas que determinan una alteración permanente a sus mecanismos normales y habituales, como los pilotos de línea aérea. Se describen los tipos y ciclos de sueño, revisando los últimos estudios científicos en la materia. Asimismo se analizan los vuelos transmeridianos , la problemática de la adaptación al cambio horario y la influencia en el ritmo circadiano. Se introduce la relación sueño-fatiga como una diada fundamental a la hora de reglamentar las operaciones aéreas.

Asimismo se presenta el Fatigue Risk Management System (FRMS) como un método para evaluar la fatiga en tripulaciones y el desarrollo de softwares que pretenden tabular con mayor o menor dificultad el riesgo de una determinada operación. Este sistema fue desarrollado por OACI, IFALPA y IATA, entrando en vigencia mundial como Norma a ser implementada por toda la actividad aeronáutica.

Finalmente se establecen distintos tipos de recomendaciones a los efectos de salvaguardar la seguridad de las operaciones frente a intentos corporativos utilizando como justificativo la eficiencia y el aumento de la producción , dejen en segundo plano a la identificación de peligros y evaluación de los riesgos inherentes a la demanda exagerada sobre las limitaciones humanas.

Summary

Different aspects of the physiopathology of Sleep and fatigue are analyzed in this paper and the relationships with different tasks that determine a continuous variation of their normal and usual mechanisms as it happens in airliners international crews. . Recent scientific studies about the cycles of sleep are mentioned including the problem of jet lag in transmeridian flights. The dyad composed by sleep and fatigue must be taken as a main concern at the moment of evaluate the regulations in air operations.

Fatigue Risk Management System (FRMS) is developed to asses and evaluate the fatigue level in crews and has determined the development of softwares to calculate the maximum level of risk to perform and authorize the operation. This method, developed by ICAO, IFALPA and IATA , is being used as the main guide of the regulations for all the aeronautical operations.

Finally, some recommendations are suggested in order to keep high enough the safety of the operations Facing different sort of corporations to prevail production producing exagperate demands on human limitations and creating more risk conditions in actual and future airliners operations

Palabras clave: Sueño- fatiga-limitación humana-jet lag-seguridad.

Introducción

El desarrollo de las empresas aerocomerciales han determinado un crecimiento geométrico en el número de vuelos y de pasajeros transportados en todo el mundo.

Este hecho y las condiciones inherentes a la globalización han determinado una competencia comercial cada vez mayor para en algunos casos mantener la ganancia y en otros , sostener las empresas en pie.

Dentro de este marco se han generado múltiples fusiones de líneas, y conversiones y desapariciones de otras .

Dentro de esta creciente puja económico financiera, se han comenzado a producir ideologías que buscan modificar las condiciones de trabajo de las tripulaciones técnicas, sin tomar en cuenta adecuadamente las limitaciones fisiológicas humanas en temas tan importantes como la fatiga y el sueño.

El motivo de este trabajo es, tomando como base la información científica mas actualizada sobre fatiga y sueño, generar recomendaciones concretas a fin de proteger la operación aeronáutica en general , pero en particular la de las líneas aéreas, del embate que sufren para hacerlas presuntamente mas eficientes y eficaces deteriorando la seguridad de las mismas , en el aspecto mas rico, complejo y vulnerable, el factor humano.

Metodología

Comenzaremos por mencionar la definición de fatiga , para posteriormente analizar su descripción clínico etiológica y los últimos estudios científicos que relacionan la fatiga , el sueño y su vínculo con los vuelos transmeridianos.

Según enuncia el decreto 671/94 [1] que establece las condiciones de trabajo para las tripulaciones de vuelos comerciales, “Que la fatiga que experimentan las tripulaciones con motivo ó en ocasión del vuelo, constituye un factor de fundamental ponderación respecto a la seguridad del mismo, a cuyo fin resulta necesario determinar los periodos de actividad del personal, en lo que atañe a los tiempos máximos de vuelo y de servicio, y asimismo, al lapso que, como tope, dicha persona permanecerá fuera del lugar habitual de residencia.”

Según la Organización de Aviación Civil Internacional, [2] en su anexo 1, la fatiga es una reducción fisiológica de la capacidad de desenvolvimiento física y/o síquica que puede reducir el alerta y la habilidad de la tripulación de operar de manera segura la aeronave y las actividades relacionadas.

La fatiga representa un desbalance entre el esfuerzo y el descanso y justamente los modernos estudios del sueño normal y patológico, así como sus alteraciones con los cambios del ritmo circadiano han aportado la base de datos de las limitaciones menos precisas. También han determinado la aparición de distintas metodologías para tratar de cuantificar la fatiga y aplicarla a tablas y modelos matemáticos predictivos ,con distintos resultados, que analizaremos posteriormente.

Según podemos observar en la Tabla número 1, la actividad aerocomercial se desarrolla generando múltiples causas posibles de fatiga, que si son tomadas en cuenta con liviandad, determinarán finalmente que el desbalance mencionado anteriormente entre el esfuerzo y el descanso se torne peligroso

Tabla 1- Causas de Fatiga en Aviación

- Alteraciones del sueño, en cantidad y calidad
- Jornadas de trabajo prolongadas
- Desempeño en áreas donde se ve alterado el ritmo circadiano y el *cambio de estación*.
- Excesiva carga de trabajo síquica ó física
- Acumulación de uno ó de varios de los factores
- Insuficiente recuperación tras los diversos esfuerzos, síquicos y físicos.
- La respuesta es subjetiva y variable en la misma persona en distintos momentos

La signosintomatología de la fatiga pasa desde la sensación de malestar general , o de incomodidad, a la alteración de la capacidad de percibir adecuadamente lo que ocurre y consecuentemente a la degradación de la toma de decisiones que genera decisiones irreconocibles y las tristemente populares expresiones de “ cómo hicieron esto”.

Tabla 2-Manifestaciones Clínicas de la Fatiga Operacional

- Sensación de malestar general.
- Hipodinamia y Somnolencia.
- Irritabilidad emocional. Apatía y desinterés.
- Disminución de la capacidad de concentración.
- Pérdida o aumento del apetito.
- Alteración en las percepciones sensoriales.
- Degradación en la toma de decisiones. Decisiones irreconocibles

El incremento en el tiempo de reacción genera respuestas inadecuadas en tareas secuenciales que requieren sincronización de tiempo. [3]También se ha verificado la necesidad de incrementar la magnitud de los estímulos sensoriales para activar una respuesta. Existe también una afectación progresiva en la capacidad de la atención, recurriendo a la focalización como recurso inmediato ante la disminución de la misma. La focalización excesiva puede resultar en algunas etapas del vuelo sumamente peligrosa , ya que en las mismas se requiere aplicar una atención distributiva rotativa e intermitente controlando varios parámetros fundamentales para la operación segura.

Nos referiremos a continuación a los estudios del sueño normal en los seres humanos.[6]

Antiguamente se definía un buen sueño como aquel que permitía al sujeto la posibilidad de recordar sueños durante el mismo. Actualmente, la Polisomnografía se constituyó en la herramienta fundamental de estudio y de pronóstico. La misma consta de 3 estudios distintos: la electroencefalografía, (EEG) registra las ondas eléctricas cerebrales, el electrooculograma, (EOG), nos permite registrar los movimientos de los ojos, durante el sueño, veremos que son fundamentales para la evaluación. Y finalmente, el Electromiograma, (EMG) que analiza los movimientos de los músculos que se estudien.

Con el advenimiento y modernización de estos métodos se concluyó en que el sueño se compone 2 etapas diferentes que se dio en clasificar según estén presentes en los registros los movimientos en los ojos; a saber: el sueño con movimientos rápidos de los ojos, cuya sigla en inglés es REM (Rapid eyes movement) o sin ellos, NO REM.[4,5]

En la tabla 3 vemos las características mas importantes del sueño NO REM. Un período de sueño normal comienza con esta etapa, que se caracteriza por ser superficial , de fácil reversión , e insuficiente por sí solo para producir la reparación cerebral, que determine descanso adecuado.

Tabla 3-Sueño no REM (Non Rapid Eye Movements)

- Disminuye la frecuencia de las ondas cerebrales, la frecuencia cardíaca y respiratoria
- No recuerdan demasiada actividad cerebral, sueños.
- Se inicia como sueño rápido ó superficial de fácil reversión
- Lo sigue el sueño lento, o profundo de difícil reversión
- El cerebro funciona al 80%= cerebro menos activo en cuerpo activo. Respuesta inmediata aún posible.
- Una vez en sueño profundo al despertar bruscamente se genera la inercia del sueño 20 / 30 minutos.

En la tabla 4 se analizan las características de la etapa en que el sueño se muestra con movimientos oculares rápidos, gran actividad eléctrica cerebral y recuerdo de sueños. Esta etapa en cantidad suficiente de ciclos por noche es determinante del descanso eficaz.

Tabla 4-Sueño REM (Rapid Eye Movements)

- Actividad cerebral similar a estar despierto
- Los ojos se mueven de un lado al otro de la órbita y se suelen recordar los sueños al despertar.
- Se producen movimientos musculares involuntarios y la frecuencia Cardíaca y la respiración son irregulares.
- El cerebro está activo y sin embargo su estímulo se bloquea en su base y el cuerpo no lo copia. Sueños donde queremos movernos y estamos paralizados
- Los sueños resetean el cerebro y producen la armonía psicofisiológica necesaria para iniciar el nuevo período.
- Mas vigilia requiere mas sueño lento (valor predictivo en fatiga) Proceso homeostático del sueño

Como mencionamos anteriormente una clara definición de fatiga es un desbalance entre el esfuerzo y el descanso, y siendo la calidad del dormir fundamental para el mismo discutiremos a continuación distintos factores que lo afectan y que se relacionan con la actividad de las tripulaciones aeronáuticas.

Resultados y discusión

Hemos visto como la polisomnografía ha permitido introducirnos en la anatomía y funcionamiento del sueño. Describiremos a continuación el mismo y las repercusiones de algunas de sus alteraciones.

El sueño es una sucesión de ciclos No rem / rem (90minutos) que se interrumpen por breves despertares en intermitencias. Es variable pero siempre comienza con sueño lento y más profundo y terminamos despertando de sueño REM. Un período único de sueño normal incluye aproximadamente 30 cambios de una fase a la otra. El ritmo circadiano habitual genera cambios en el sueño REM. Por eso nos dormimos y nos despertamos al rato.

Cuanto más se interrumpe el ciclo REM / no REM mayor es el deterioro y la necesidad posterior de recuperación. Esto ocurre frecuentemente en las tareas con turnos de trabajo que interrumpen el sueño normal. Algunas legislaciones lo consideran entre las 22 y las 6 de la mañana. Esto sin considerar aún el cruce de meridianos y los efectos de la alteración del Ritmo circadiano habitual. Asimismo un reciente trabajo de investigación que se realizó en Alemania, parecería demostrar que la exposición por mas de 4 horas a la hipoxia de la cabina, equivalente a estar a una altitud de entre 5000 y 7500 pies disminuye la saturación de oxígeno en los tripulantes que intentaban descansar hasta cerca del 80 por ciento, determinando trastornos importantes a la hora de descansar.

El sueño a bordo es más liviano e interrumpe ciclos más frecuentemente que en tierra. En la tabla número 5 se pueden observar las distintas razones por las cuales el dormir a bordo de una aeronave, aún cuando se cuente con un sitio separado con literas, suele ser muy distinto al habitual.

Tabla 5-Por qué no puedo dormir mejor a bordo

- Ruidos varios, prestación de los servicios a pasajeros desde galley, cinturones on , off;
- No tener sueño a la hora del turno;
- Incomodidad ergonómica manifiesta, largo, ancho, almohadas, regulación de temperatura;
- Turbulencias;
- Pensamientos varios, desconocimiento de la tripulación;
- Levantarse para ir al baño;
- Problemas personales que impedirían el sueño normal en cualquier sitio;

Sin lugar a dudas la capacidad de adaptación a dormir en estas condiciones tiene características subjetivas, y debe considerarse un promedio de estas conductas. Es muy popular la creencia de que los sujetos de mas de 50 años tienen dificultades para conciliar el sueño y sostenerlo, y que esa situación empeoraría con la edad. Sin embargo no está probado que para esos sujetos dormir mas horas, mejoraría su actuación profesional.

Veamos como actúa en nuestro dormir, el denominado ritmo circadiano. El conjunto de mecanismos vehiculizado por las hormonas y otros mediadores químicos, es regulado por una parte del cerebro denominada el hipotálamo. Las investigaciones determinan que el ciclo fisiológico del ser humano es de casi 25 hs. Un sujeto encerrado en una cueva, sin relación con el mundo exterior, y sin luz, dormiría 7 a 9 horas pero cada mas de 25 horas. Este ciclo se ve influenciado por temperatura central del organismo y por la iluminación que el cerebro percibe a través de sus receptores visuales. Existen en ese ciclo 2 momentos de temperatura mínima corporal en el día 3-5 am y 3-4 pm (siesta). La sucesión del día y la noche (iluminación) mantienen la ritmicidad circadiana.

El ser humano se comportaría dentro de uno de los siguientes dos modos activos: matinales ó vespertinos. Esto significa en qué momento nos sentimos mas plenos para la actividad que realicemos, y la tendencia al descanso se vería beneficiada si lo hiciésemos en el horario opuesto.

Este delicado proceso fisiológico, tan afectado en la actualidad por el ritmo de vida y el distress, se altera cuando realizamos actividades con turno variable, turnos opuestos de adaptación rápida como por ejemplo los vuelos que transcurren durante toda o gran parte de una noche, y se programa otro diurno sin contar con los reparos necesarios, aún cuando se realicen dentro del mismo huso horario.

Hemos mencionado mas arriba la impronta que la exposición a la luz solar tiene en el sueño. La posición relativa del sol en cada lugar genera por ende un desfase de los ritmos endógenos y condiciones externas generan una reestructuración de los sistemas oscilantes mencionados. Esta es la situación de los vuelos transmeridianos que deben ser calculados en base a la diferencia angular entre origen y destino ya que de ella depende esencialmente la hora de la salida del sol y de la puesta del mismo. La determinación de que cada huso horario se encuentre separado del otro por 15 grados de longitud es solo una referencia administrativa para establecer las horas de los países. Se considera que a partir de los 45 grados de diferencia angular equivalente a tres husos horarios comienzan a sentirse los signos y síntomas del Jet Lag.

El Jet lag, es esencialmente fisiológico, y ni mas ni menos representa el conjunto de mecanismos con que el organismo pretende adaptarse al nuevo horario. En la Tabla 6 observamos el conjunto de signos y síntomas del síndrome Jet Lag.[7]

Tabla 6 . Signos y síntomas del Jet Lag

- Alteraciones del sueño (60 – 80 %)
- Incrementa la fatiga por disminución en la calidad del descanso.
- Cambios gastrointestinales. Hambre ingesta , y ritmo evacuatorio.
- Alteraciones endócrinas
- Alteraciones sico-intelectuales
- Sensación general de incomodidad

Volar rápido a través de husos horarios modifica el ritmo circadiano principalmente por el cambio de exposición a la luz solar. Cuanto mayor es la diferencia angular mas tiempo requiere la adaptación. Al este es peor y mas lenta porque el día se acorta y se corre el sueño hacia la mitad de la noche La peor situación operativa es en la que existe una deuda de sueño previa + jet lag. No buscamos en los pilotos que tengan una adecuación completa al lugar de destino, como si fuera un pasajero, pero sí que se logre la denominada Adaptación mínima de seguridad operativa que consiste en tener las capacidades de alerta , reacción y toma de decisión en un nivel suficiente para resolver los problemas inherentes a un vuelo estándar. Los habituales y los potenciales como manejo de emergencias o condiciones anormales infrecuentes pero que requieren un esfuerzo físico y síquico mucho mayor que lo usual.[8]

Tomando en cuenta que la afirmación sobre la clara influencia que la fatiga y el sueño alterado han tenido en la cadena de eventos que llevó a siniestros catastróficos, no solo en el transporte aéreo, es básicamente empírica y de sentido común, Signal, Gader , Perelli y otros autores comenzaron a trabajar en modelos de identificación predictiva del riesgo vinculado a la fatiga. Auto reportes de riesgos de fatiga y encuestas de investigación de fatiga en tripulaciones como el Índice de Sam Perelli son algunos de los métodos utilizados con el objeto final de determinar los límites de una operación segura desde el punto de vista específico de la adaptación mínima de seguridad operativa mencionada. También comenzaron a relevarse los análisis del Plan de vuelo programado versus tiempo volado real y las condiciones de los mismos.[9]

La fatiga comenzó a tratar de medirse por ejemplo Formularios de reporte de fatiga OACI Doc 9858 en el Manual del Curso Safety Management System, (SMS:) dif entre performance aceptable e inaceptable dando sustento al tiempo mínimo de adaptación operativa.

La investigación retrospectiva comenzó a hacerse en tripulaciones: datos demográficos, calidad del sueño en casa y afuera, experimentación de fatiga, sus causas.

Se comenzó a trabajar con el monitoreo de la fatiga en vuelo con 2 grupos de metodos. Subjetivos: Karolinska y Sam Perelli y Objetivos: Actigrafía , polisomnografía y monitoreo del ritmo circadiano.

Finalmente en Julio del año 2011, la OACI incluye en su documento 9966 al programa FRMS Fatigue Relief Management System, como obligatorio para los estados contratantes. Este enfoque está basado en la performance del individuo buscando recopilar información e identificar peligros, analizar y evaluar riesgos y determinar acciones de mitigación y evaluación. Posterior. El programa también busca determinar y proponer algunas herramientas objetivas que permitan calcular el riesgo de una operación , tomando en cuenta la fatiga y la conveniencia y factibilidad de realización. La IATA International airlines transportation Association , y la IFALPA, International Federation Airlines pilots association hay apoyado esta gestión y controlan su aplicación.

En la tabla 7, podemos ver Las Normas del Anexo 6 de la OACI , Parte I , Enmienda 35, del 15 dic 2011 establece en su punto 4.10, Gestión de fatiga

Tabla 7 , Gestión de Fatiga

4.10 Gestión de la fatiga
<p>4.10.1 El Estado del explotador establecerá reglamentos para fines de gestión de la fatiga. Estos reglamentos estarán basados en principios y conocimientos científicos y su propósito será asegurar que los miembros de la tripulación de vuelo y de cabina estén desempeñándose con un nivel de alerta adecuado. Por consiguiente, el Estado del explotador establecerá:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) reglamentos relativos a limitaciones del tiempo de vuelo, períodos de servicio de vuelo, períodos de servicio y períodos de descanso; y b) reglamentos sobre sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga (FRMS), cuando se autoriza al explotador para que utilice un FRMS con el fin de gestionar la fatiga.

En las tablas 8 y 9 podemos observar los requisitos que la OACI determina para la gestión de fatiga en sus Normas del Anexo 6 Parte I y su correlación con las regulaciones para Latinoamérica.

Tabla 8- Requisitos del sistema de Gestión de fatiga .

APÉNDICE 8. REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A LA FATIGA
<p><i>Nota 1.— El Manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación (Doc 9966) contiene orientación acerca del desarrollo, implantación, aprobación y vigilancia de los FRMS.</i></p> <p>Los sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga (FRMS) establecidos de conformidad con el párrafo 4.10.6 del Capítulo 4, incluirán, como mínimo, lo siguiente:</p> <p style="text-align: center;">1. POLÍTICA Y DOCUMENTACIÓN SOBRE EL FRMS</p> <p style="text-align: center;">1.1 Criterios FRMS</p>

**Tabla 10- LAR 121, Cap. N / LAR 135, Cap. F
Obligaciones del explotador**

- 121.1910 Cumplimiento de requisitos
El explotador tendrá como mínimo que:
- ✓ incorporar principios y conocimientos científicos en el FRMS;
 - ✓ identificar constantemente los peligros y los riesgos resultantes;
 - ✓ asegurar la pronta aplicación de medidas correctivas;
 - ✓ facilitar el control permanente y la evaluación periódica de la mitigación de los riesgos;
 - ✓ facilitar el mejoramiento continuo de la actuación global del FRMS

En todas ellas es dable observar la incorporación de la fatiga y el FRMS como dispositivo de estudio y modificación de todas las situaciones que resultasen necesario corregir.

Mostramos a modo de ejemplo algunos instrumentos del mismo. Una de las actividades es la realización de una lista de chequeo a la tripulación en distintos momentos del vuelo, a fin de ir determinando de acuerdo al puntaje su nivel de fatiga. Asimismo, se le presentan problemas simples a resolver en una tableta y de acuerdo a los resultados se completa el puntaje previamente mencionado.

En la tabla 11 observamos los momentos en que el tripulante debe realizar el chequeo:

Tabla 11 Momentos de vuelo en que se realiza la lista de chequeo de Sam Perelli

- Prevuelo
- Tope del ascenso
- Antes y después del 1° y 2° descanso
- Antes de iniciar el descenso de aproximación
- Antes de abandonar el aeropuerto

En la tabla 12 observamos a modo de ejemplo el puntaje que se le asigna a la sección de auto encuesta en los momentos indicados anteriormente.

Tabla 12 -Puntaje de la lista de chequeo de Sam Perelli

- 1) Totalmente despierto
- 2) Muy alerta pero no en el pico
- 3) Okay, fresco
- 4) Poquito cansado, menos que normal
- 5) Moderadamente cansado, bajoneado, tirado
- 6) Muy cansado con dificultades para concentrarse
- 7) Exhausto, sin posibilidades operativas

Utilizando estas listas se determina un puntaje total del tramo del vuelo que lo califica como más o menos riesgoso tomando en cuenta condiciones de sueño, fatiga y descanso. En algunos casos lo desaconseja totalmente, sin que se tomen medidas correctivas para el mismo. Sin embargo hemos observado con preocupación que algunos vuelos se realizan al límite de la tolerancia con el agravante de que los programas mencionados no toman en cuenta situaciones especiales de cada vuelo, por ejemplo; experiencia de los tripulantes, turbulencia en vuelo, plan de vuelo realmente realizado anteriormente al mismo, conformación de la tripulación, y distintos factores como estado del avión ó meteorología en vuelo que al no ser consideradas como factores en la tabla la igualan en un ideal que lejos está en algunos casos de la realidad. Si por algunos de los factores mencionados el descanso a bordo se viera tan degradado que pudiese ser considerado inexistente o insuficiente, podríamos encontrarnos a una tripulación que al momento del aterrizaje, con la carga de esfuerzo que ello significa, y muchas veces en medio de la noche, no se encuentre en la mejor condición para resolver las distintas situaciones que pudiesen ocurrir. Si bien las mismas son poco probables, son posibles. De hecho el programa de adiestramiento semestral en simulador, obligatorio para todas las tripulaciones de líneas aéreas incluyen en uno de sus módulos el mismo grupo de emergencias y situaciones anormales y en el otro un conjunto de situaciones que requieren el mejor estado psicofísico de quienes lo puedan resolver.

Atento a todas las evidencias descriptas mas arriba podemos afirmar que después de una noche de sueño perdido, el objetivo de restaurar los ciclos necesarios, por lo cual se requieren 2 noches consecutivas sin interrupción. La primera noche hay mas ciclos de sueño no rem que lo usual y no da lugar ni espacio al sueño Rem En la segunda noche habrá mas sueño Rem La tercera noche el balance estará normalizado . ***Se necesitan 2 noches consecutivas de recuperación después de una noche con***

el sueño perdido. No es igual a 2 días off. Son 2 noches completas off dentro de 2/3 husos horarios de diferencia.

Si agregamos a ello la influencia de cruzar mas de 45 grados de longitud, y el síndrome de jet lag consecuente. La re-sincronización es más rápida en los vuelos hacia el oeste. Lo describimos desde los grados de diferencia y no a los husos horarios ya que no depende de la hora, que puede por convenciones variar geopolíticamente, sino de la relación con la salida y la puesta del sol. Este concepto es muy importante a la hora de discutir las mitigaciones que requieran los vuelos con mayor esfuerzo.

Se han propuesto distintos métodos para acortar el descanso necesario en destino. Para combatir los efectos de los desfases horarios: se recomiendan algunos procedimientos:

- Si la escala es corta, inferior a un día, permanecer al ritmo del país de partida.
- Si la escala es mayor a un día, adoptar inmediatamente el ritmo de país de llegada para acelerar la sincronización.
- En la escala mantener un ciclo regular de alternancia vigilia-sueño y horarios de comidas (favorecer la sincronización)

Restricción de sueño 2 hs. menos por día genera una deuda de sueño acumulativa. Esto limita en 7 días esta metodología. Ya mencionamos que el alerta se degrada con menos sueño. En situaciones de fatiga muy importante el cerebro se desconecta por instantes (no más de 2 minutos). Es el cabeceo característico que se puede observar en quien se queda dormido en el puesto de trabajo. Este verdadero reseteo del cerebro sería el causante de muchos de los siniestros de camiones y ómnibus que se caracterizan por ser durante la madrugada ó en las primeras horas de la mañana.

Otro elemento importante es que dado que la toma de decisión y la comunicación se ven más afectadas que otras acciones por la fatiga, y depende el período del ciclo en que un sujeto es despertado puede tardar varios minutos en recuperar el alerta necesario para una resolución determinada. Esta situación se denomina inercia del sueño.

Todo lo afirmado es como muchos de los aspectos fisiológicos humanos, variable con cada sujeto. De la misma manera que la cantidad de horas necesarias para dormir varía entre seis y media a ocho horas, todo lo referido hasta aquí puede variar. Lo importante entonces es considerar la media más conservadora a fin de impactar lo menos posible la seguridad.

Lo que se puede afirmar es que aquellos que duermen menos, tienen más probabilidad de enfermar de diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares. De hecho, en un estudio realizado por la Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas en la Argentina, el promedio de vida de los pilotos de Aerolíneas Argentinas es de 65 años, casi 12 años menos que la de la población general.

Independientemente de los turnos de sueño en las literas ó en asientos reservados a tal efecto, se proponen las siestas en el cockpit con las siguientes condiciones de aplicación: [10.11.12.13]

- Solo de a uno por vez, atado, y controles libres de interferencia mecánica.
- Autothrust y Autopilot deben estar funcionando
- Las debe administrar el capitán para disminuir la fatiga en los peores momentos del vuelo
- Debe estar claro quién duerme, y el período, y el Piloto al mando puede suspenderlo a su criterio.
- Capitán debe aclarar cuando interrumpir su sueño
- No deben superar los 40 minutos para evitar la inercia de sueño y la dificultad para despertarse
- Pueden ser controladas por otro personal de vuelo en períodos de 30 minutos.

Conclusiones

La fatiga operacional constituye la primera y más importante causa de incapacitación velada no evidente en vuelos. Degrada la capacidad para responder Incrementa el error, la omisión inadvertida. Un individuo fatigado va a tener problemas.

Los estudios mas modernos sobre sueño y fatiga aportan un abundante material científico para sacar del abstracto un tema tan concreto, y muchas veces considerado como una excusa ó como de segundo nivel en la ocurrencia de siniestros no deseados. Vemos que la creencia de que la adrenalina que se desprende en el organismo frente a una emergencia finalmente te va a despertar de todas maneras, es cierto solo parcialmente: estar despierto no significa estar alerta y tomar las decisiones correctas.

Se han descripto las distintas metodologías de investigación y también su inclusión progresiva en las regulaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional, y de las autoridades aeronáuticas de los países contratantes, describiendo las particularidades evolutivas que van teniendo.

Finalmente, la puja competitiva entre las corporaciones y fusiones de las líneas aéreas, determinan un riesgo mayor al riesgo natural de las operaciones aeronáuticas, que en esta etapa de la aviación reside fundamentalmente en los factores humanos de las tripulaciones a las que tienden a presionar con el único objeto de bajar costos, muchas veces sin medir las consecuencias. Estas, tildadas como poco probables siempre pueden ser catastróficas. Esta puja entre la eficiencia y la seguridad hace que hoy se realicen operaciones en condiciones límite desde estos puntos de vista , y alertamos sobre la necesidad de preservar y proteger de estas presiones de la industria sobre las limitaciones humanas , que como se denominan son condiciones fisiológicas finitas, que sufren agotamiento y modifican las conductas sin tener que ver con los valores monetarios que se puedan ahorrar.

De hecho este es nuestro objetivo fundamental, aportar un granito de arena mas a la lucha por mantener las operaciones aéreas en los niveles de seguridad necesarios.

Bibliografía

- [1] Decreto 671/94
- [2] ICAO SMS Manual (Doc 9859) 2ª Edition
- [3]Gander PH, HartleyL et col, (2010) Fatigue risk management in organizational factors. Accident Analysis and prevention 43:573-590
- [4] Gander PH(2003) Sleep in the 24 hour Society. Wellington , New Zeland, Open Ming Publishing ISBN 0-909009-59-7
- [5] Signal, TL, Gale, J and Gander, PH (2005) Sleep Measurement in Flight Crew, Comparing Actigraphic and Subjective Estimates of sleep with Poly somnography. Aviation Space and Environmental Medicine 76(11):1058-1063
- [6] Redline, S, Kirchner, H L , Quan, sF Kapur (2004) The effects of age , sex, ethnicity and sleep-disordered breathing on sleep architecture. Archives of Internal Medicine 164: 406-418
- [7] Mumm J: M: Signal, T L Rock PB, et col, Sleep at simulated 2438 m . Effects on oxygenation, sleep quality, and postsleep performance. Aviation, Space, and Environmental Medicine 89 (8):691-697
- [8]Gander, P.H., Rosekind, M.R., and Gregory, K. B. (1998). Flight crew fatigue VI: an integrated overview. Aviation, Space , and Environmental Medicine 69:B49-B60

- [9] FRMS Program. ICAO 2011
- [10] Rosekind, M.R Graeber, RC Dinges, D.F et al (1994) Crew factors in flight operations IX Effects of Planned cockpit rest on crew performance and alertness in long haul operations. NASA Technical Memorandum 108839, Moffett Field: NASA Ames research Center
- [11] Signal, T.L. Gander, PH Van den Berg M (2004) Sleep in flight during long rest opportunities. Internal Medicine journal 34 (3) : A 38
- [12] Rupp, T. L, Wesensten, N. J. Bliese PD et al (2009) Banking sleep, realization of benefits during subsequent sleep restriction and recovery . Sleep 32(3):311-321
- [13] Belenky, G., Wesensten, N. J. , Thorne, D. R. , et al (2003) Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose response study. Journal of Sleep Research 12: 1-12

VIABILIDAD DE UNA NUEVA COMPAÑÍA AÉREA DE BAJO COSTE EN BRASIL

L. Martín, G. Alonso y A. Benito

Departamento de Infraestructura, Sistemas Aeroespaciales y Aeropuertos, Universidad Politécnica de Madrid

Plaza del Cardenal Cisneros 3, 28040 Madrid, España

Email: gustavo.alonso@upm.es

RESUMEN

El trabajo analiza la viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil, en competencia con las empresas existentes. Para ello, se analiza la evolución de las principales variables demográficas y económicas y su relación con la demanda de servicios aéreos, y como atienden esa demanda las compañías existentes.

La creación de la red de rutas se efectúa estudiando el potencial de generación de tráfico de los distintos aeropuertos brasileños, comparando procedimientos clásicos (matriz GE-McKinsey) con otros de nueva creación. Para la proyección futura se asumen pronósticos de tráfico ya publicadas, calculando la participación en el mercado de la nueva compañía, bajo la hipótesis de que no aparecen otras compañías competidoras en los años inmediatos.

Se selecciona un único modelo de aeronave entre 100 y 130 plazas, tamaño considerado óptimo para la red de rutas creada, y se analizan los resultados económico-financieros del cuarto año de operación, en el que la actividad de la empresa se estabiliza.

En conclusión, se demuestra la viabilidad de una nueva compañía de bajo coste en Brasil, con suficiente margen de factor de ocupación crítico para absorber posibles desviaciones en los supuestos de este estudio.

Palabras clave: bajo coste, aerolíneas, transporte aéreo, Brasil

SUMMARY

This paper studies the viability of a new low cost airline in Brazil, competing with the incumbent carriers. With this purpose the evolution of the most relevant demographic and economic indicators is analysed and linked with air transport demand creation. Additional attention is given to the way in which that demand is served by existing airlines.

The new company network is created based on the traffic generation potential of the main Brazilian airports, comparing classic methods (GE-McKinsey matrix) with other procedures developed for this work. Published air traffic prognosis are used in the calculation of the new airline market share, assuming no additional competitor appears in the immediate future.

Fleet planning is based in the selection of a single type of aircraft in the 100-130 pax range, considered as the optimum size for this network. Economic and financial results are analysed for the 4th operation year, when the company system is already stabilized.

As main conclusions, the viability of a new low cost carrier in Brazil is demonstrated, showing a margin over critic load factor great enough to absorb possible deviations in the basic hypothesis of this study.

Key words: low cost, airlines, air transport, Brazil

INTRODUCCIÓN

Este trabajo nace como consecuencia de la elaboración de un proyecto fin de carrera en la Universidad Politécnica de Madrid, en el que se estudiaron los principales pasos y estrategias para introducir una nueva compañía aérea de bajo coste en un gran mercado doméstico (Brasil). Se pretende aquí recoger las principales ideas, procedimientos y resultados obtenidos.

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

En un primer momento se plantearon como objetivos principales la elección del mercado más apropiado, destacar las principales estrategias de operación de la compañía para penetrar en el mercado y definir los procedimientos aplicables por la compañía durante los primeros años de operación. Durante la elaboración del proyecto se han comparado los procedimientos y resultados obtenidos con los de los principales competidores del sector, ya que un exhaustivo análisis de la competencia es de vital importancia.

El transporte aéreo es una actividad ligada fuertemente con las fluctuaciones socioeconómicas, por ello, para determinar las directrices que fijan las principales características de una nueva compañía doméstica, es fundamental tener un profundo conocimiento del país: macroeconómico, social y demográfico. Se han analizado las principales variables macroeconómicas y demográficas necesarias para elaborar ratios y procedimientos que justifiquen la creación de la compañía en general y las rutas establecidas en particular [1].

La compañía nace para satisfacer las necesidades de una gran parte de la sociedad brasileña, que durante los últimos años ha accedido al mercado del transporte aéreo. Entre 2002 y 2010 la clase media o clase C (familias con ingresos entre 450 euros y 1800 euros mensuales) ha pasado de representar el 38 % de la población al 52 %. El crecimiento del turismo interior y los cambios socioculturales que se están dando en el país, permite pronosticar un futuro prometedor para las compañías *low-cost*.

Actualmente tres compañías acaparan casi la totalidad del mercado (TAM, GOL y Azul) lo que hace viable, considerando el tamaño de este mercado, la irrupción de una nueva empresa de tipo *low cost*.

El objetivo fundamental de la compañía es acceder al segmento del mercado turístico, aunque en un primer momento se completa esta estrategia con vuelos entre ciudades con grandes flujos comerciales, con el fin de asegurar la viabilidad inicial del proyecto.

La compañía pretende obtener un modelo de negocio que satisfaga las necesidades reales de los consumidores a la vez que aplica una política de reducción de costes en todos los ámbitos de la aerolínea. Para ello establece una estrategia de vuelos punto a punto, permitiendo reducir los tiempos de escala y así maximizar la utilización de las aeronaves, realiza *stabling in house* de aeronaves y tripulaciones (evita vuelos posicionales), utiliza aeronaves de nueva adquisición, opera con un único modelo, ofrece un producto sencillo y barato (una sola clase), minimiza los costes de ventas, mediante *outsourcing* de la distribución, venta telefónica o vía internet y por último, decide externalizar toda actividad en la que la escala de la compañía no sea suficiente para obtener unos costes competitivos.

METODOLOGÍA

Antes de entrar en detalle en el mercado del transporte aéreo brasileño se exponen los motivos que motivaron la elección de este mercado, para lo que se ha llevado a cabo un estudio preliminar de la situación global del transporte aéreo.

Se analizaron de manera independiente los principales mercados mundiales, Norte América, Latino América, Europa, Oriente Próximo, Asia-Pacífico y África.

Entre los posibles mercados se ha descartado Europa, Norte América y África. La decisión de no optar por el mercado europeo se basa en la maltrecha situación económica de la zona euro sumado a que es un mercado con un gran número de compañías y maduro. En Norte América pese a que la situación económica es mejor que en Europa también se trata de un mercado maduro y muy competitivo. En África pese a que hay países con potencial se descartó por la creencia de mejores perspectivas en otras regiones.

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

Asia-Pacífico ha sido la región con mejores resultados tanto en crecimiento como en rentabilidad durante los últimos años. El sudeste asiático pese a tener muy buenas perspectivas de crecimiento se ha desechado como opción debido a la fuerte competencia y al gran número de compañías de bajo coste existentes.

China y Brasil fueron los mercados domésticos más fuertes en 2012. El mercado brasileño fue el que mejor se comportó, con un crecimiento del 8.6 % respecto a 2011[7].

Se han utilizado datos de las principales compañías Chinas y Brasileñas para elegir uno de los dos mercados. A partir de estos datos y utilizando datos macroeconómico y demográficos se han creado varios ratios con los que poder comparar.

A continuación se exponen los ratios utilizados:

$$\alpha = \text{PKT} / \text{Población}; \mu = \text{Renta per cápita} / \text{PKT}; \delta = \alpha \times \text{Crecimiento PIB}$$

Tabla 1. Resultados de los ratios.

País	α	μ	Δ
China	422,45	0,0104	1,71
Brasil	5,289	0,1228	15,10

Como consecuencia de los datos arrojados por los tres parámetros se ha optado por Brasil. Además cabe mencionar la dificultad de entrar en el mercado chino sin un socio local y las particularidades del sistema que gobierna el transporte aéreo interior en ese país.

En Brasil se estiman crecimientos de la demanda comprendidos entre el 7 y el 10 %, gracias al crecimiento de los ingresos netos de la clase media y al crecimiento de la actividad económica del país. Otros factores relacionados con el crecimiento del transporte aéreo en Brasil son el aumento del crédito disponible, el aumento del turismo doméstico y el aumento del tamaño medio de las aeronaves.

El tráfico doméstico se concentra principalmente en 11 aeropuertos, la mayoría de ellos forman parte de la red de rutas de la compañía, en la que se han incluido otros aeropuertos con menor volumen pero con mayores porcentajes de crecimiento, como es el caso de los aeropuertos de Foz do Iguaçu, Fortaleza o Sao Luiz.

Dado que el viaje en avión ha sido históricamente accesible sólo al segmento de la población de Brasil con mayores ingresos, el modelo de negocio *low-cost* tiene un fuerte potencial de crecimiento dentro del transporte aéreo brasileño. Según OACI, Brasil es el tercer mayor mercado de la aviación doméstica en el mundo. Según ANAC, durante 2011 se llevaron a cabo 79 millones de embarques domésticos y 9 millones de embarques internacionales, en una población total de aproximadamente 195 millones. En contraste en EE.UU, hubo 640 millones de embarques domésticos y 96 millones de embarques internacionales, sobre una población total de 308,7 millones aproximadamente.

El segmento de los viajes de negocios es el principal componente de la demanda de transporte aéreo brasileño. De acuerdo con los datos obtenidos de ANAC, los vuelos entre Río de Janeiro y São Paulo representaron el 6,2% del total de pasajeros nacionales en 2010. El 22,2% de los pasajeros se concentraron en 10 rutas durante el mismo año, mientras que los diez aeropuertos más ocupados representaron el 68,3% y el 72,6% de del tráfico doméstico en términos de llegadas y salidas en 2009

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

y 2010, respectivamente. Se estima que entre el 40% y el 45% de los pasajeros tienen que realizar vuelos de conexión (*overhubbing*).

El siguiente gráfico muestra el fuerte crecimiento que se ha desarrollado desde el año 2000 hasta Julio de 2012 tanto en la oferta como en la demanda.

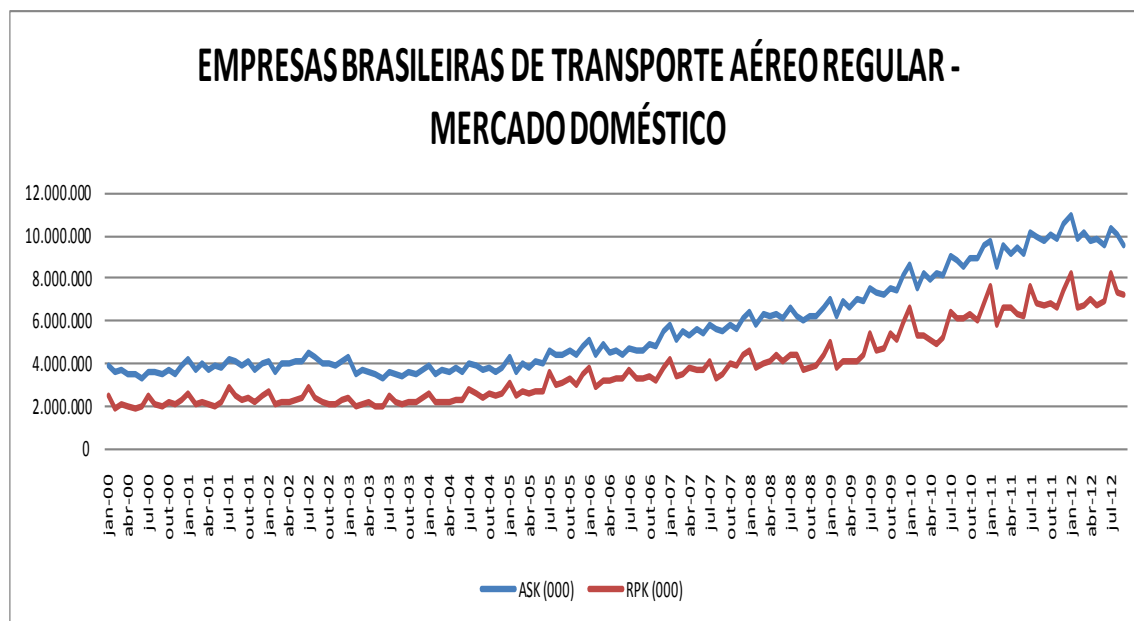


Figura 1. Evolución de la oferta y la demanda del mercado doméstico Brasileño [3]

En la Figura 1 se observa como la demanda en el tráfico doméstico aumenta con más fuerza que la oferta, lo que ofrece oportunidades para abastecer el *gap* existente.

Las aerolíneas brasileñas compiten principalmente sobre la base de rutas, niveles de tarifa, frecuencia de vuelos, presencia y derechos de explotación de aeropuertos, fiabilidad de los servicios, marca y servicio al cliente.

Los principales competidores son TAM, GOL, Azul y Webjet, hay que añadir pequeñas compañías regulares y de vuelos chárter que tienen principalmente redes regionales.

La siguiente tabla presenta las cuotas de mercado históricas en las rutas domésticas, basado en PKT, de las principales aerolíneas brasileñas para los periodos indicados.

Tabla 2. Cuota de mercado Doméstico (%) [4] .

	2007	2008	2009	2010	2011
GOL	43	42,4	41,9	37,1	34,6
Webjet	1,1	3,6	4,4	5	5,9
TAM	48,8	50,4	45,4	44,1	41
Azul	-	0	3,8	7,6	9,6
Otras	7,1	3,6	4,4	6,3	9

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

En 2012 Azul se consolidó como la tercera compañía aérea brasileña, con el 10% del mercado doméstico. La clara visión de negocio se ha traducido en un continuo crecimiento de la malla de destinos, flota y participación en el mercado. Presta servicios en 48 ciudades con 86 rutas.



Figura 2. Red de rutas de Azul [5]

Azul utiliza como base el Aeropuerto Sao Paulo-Campinas y Belo Horizonte-Confins, desde estos dos aeropuertos se distribuyen la mayor parte de los vuelos. El aeropuerto de Manuas y el aeropuerto de Río de Janeiro-Santos Dumont son las otras dos bases operativas de la compañía, pero de menor tamaño a las citadas anteriormente.

Tabla 3. Principales datos de Azul [6].

	2010	2011	May-12
Tripulantes Azul	3500	4500	5000
Vuelos diarios	200	350	400
Aeronaves	26	49	55
Destinos	28	42	49
Participación en el mercado (%)	7,48	casi 10	10,14

Se ha realizado un muestreo sobre las rutas principales operadas por la compañía, con intención de obtener una idea de las tarifas según la distancia entre los puntos de conexión. Sólo se ha tenido en cuenta los vuelos directos. El muestro se ha realizado para vuelos a una semana vista (Miércoles).

En el eje x se ha representado la duración del vuelo y en el eje y el precio en reales de los tipos de tarifas ofrecidas por la compañía.

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

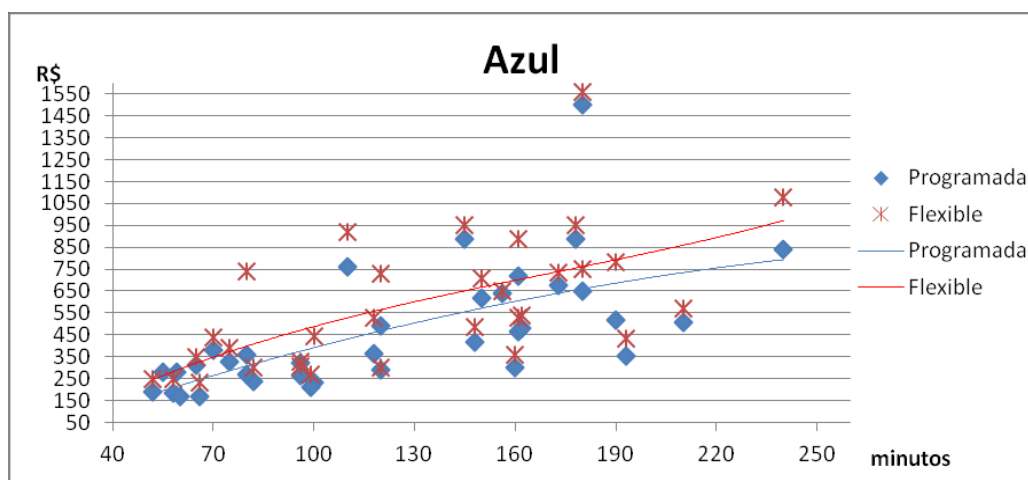


Figura 3. Tarifas de Azul

Por su parte, Gol Linhas Aéreas Inteligentes es una compañía aérea de origen brasileño con base en el Aeropuerto Internacional de Guarulhos, ubicado en Sao Paulo.

La aerolínea se establece en el año 2000 y el 15 de enero de 2001 comienza sus actividades. En el año 2004 ya tenía un 20% de cuota del mercado doméstico. En el año 2011 se situó como la segunda compañía del país tras TAM con un 34,6% y 41% de cuota de mercado respectivamente, aunque hay que señalar que GOL adquirió recientemente Webjet (5,9% de cuota de mercado). Según IATA GOL es una de las mayores compañías de bajo coste del mundo en términos de tráfico de pasajeros y la mayor de América Latina.

Tabla 4. Datos Operativos de GOL.

	2007	2008	2009	2010	2011
Pasajeros (en miles)	23689	25664	28410	32915	36220
PKT(en millones)	2267	25308	25669	30,649	34415
AKO(en millones)	34349	41107	40355	45,937	50127
Factor de ocupación	66,00%	61,6%	63,6%	66,7%	68,7%
Factor de ocupación crítico	65,90%	62,5%	59,2%	60,0%	70,9%
Utilización (Horas-Bloque por avión y día)	13,8	12,1	11,6	12,9	13,0
Tarifa media (R\$)	198	262	191	191	185
Yield (\$/pax*km) (cents R\$)	20,1	23,3	20,7	20,5	19,5
Ingreso de pasaje por AKO(cents R\$) PRASK	13,3	14,3	13,1	13,7	13,4
Ingreso operativo por AKO(cents R\$) RASK	14,4	15,6	14,9	15,2	15
Gasto operativo por AKO(cents R\$) CASK	14,4	15,8	13,9	13,7	15,5
Gasto operativo sin combustible por AKO (cents R\$) CASK	8,9	9,4	9,4	8,7	9,4
Despegues totales	237287	268540	273602	295160	314190
Despegues diarios	650	736	750	811	861
Destinos servidos	66	59	59	59	63
Etapas media(km)	960	933	890	907	908
Flota operativa media	88,6	106,4	108,7	112,3	133,6

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

La **Tabla 4** muestra los principales datos operativos de la compañía durante los últimos años, datos de gran importancia para comparar los resultados obtenidos por la compañía en cuestión.

Del mismo modo que en el caso de Azul también se ha realizado un muestreo de las tarifas ofrecidas por GOL, se incluyen dos tipos de tarifas, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 4.

También se ha realizado un análisis sobre TAM, no se incluyen los datos encontrados al considerar la mayoría de ellos de relativa importancia, ya que el modelo de negocio de esta compañía dista mucho del seguido por la compañía en cuestión. Sin embargo destacar que si se han tenido en cuenta tanto para la selección de la red de rutas como para determinar las tarifas ofrecidas.

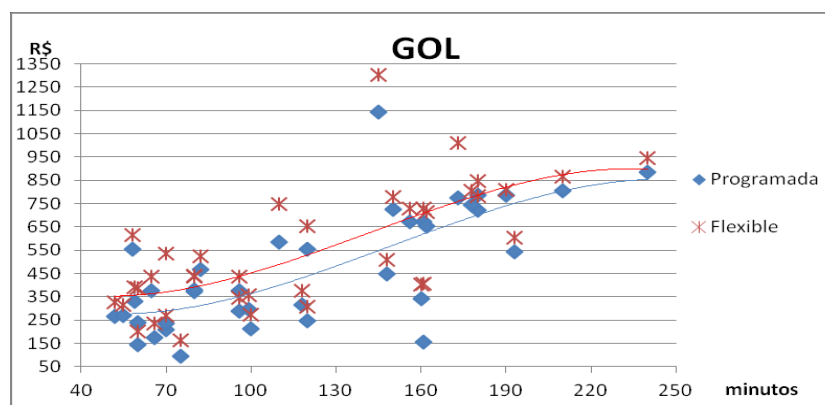


Figura 4. Tarifas de GOL

A continuación se expone la metodología seguida para la evaluación y selección de la red de rutas:

1. Familiarización con la red aeroportuaria brasileña. Exposición de los aeropuertos existentes en Brasil, clasificados por estados.
2. Clasificación de los principales aeropuertos según el volumen de tráfico.
3. Clasificación de los principales aeropuertos según el ratio de crecimiento del volumen de tráfico.
4. Criterio de selección de los aeropuertos.
 - 4.1. Parámetro k . Parámetro de elaboración propia que permite una selección de los aeropuertos a servir según un procedimiento objetivo. El parámetro engloba volúmenes de tráfico, ratio de crecimiento y datos demográficos y económicos. A partir de este procedimiento se elabora la selección preliminar I. El número de aeropuertos seleccionados en esta selección preliminar I es mayor al número final de aeropuertos, con el fin de optimizar la selección.
 - 4.2. Matriz GE-Mckinsey. Segundo procedimiento por el cual se realiza la selección preliminar II. Al igual que en el caso anterior el número de aeropuertos seleccionados es mayor que el número de aeropuertos final.
 - 4.3. Selección de los puntos a servir. A partir de los resultados obtenidos por los procedimientos anteriores se descartan los aeropuertos que presenten peores condiciones para la red de ruta.
 - 4.4. Selección de la red de rutas. Selección del aeropuerto que presente mejores condiciones para la compañía en aquellas ciudades que dispongan de varios aeropuertos.
5. Selección del aeropuerto base.
 - 5.1. Procedimiento I. Cálculo del centro de gravedad.
 - 5.2. Procedimiento II. Cálculo geométrico.

La red de aeropuertos de Brasil es bastante densa tanto para aeropuertos internacionales como domésticos, aunque hay que señalar que hay una mayor densidad en las zonas costeras y en el sur del país. En la Figura 5 se representan los principales aeropuertos de Brasil según su volumen de tráfico.

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil



Figura 5. Principales aeropuertos por volumen de pasajeros

El primer método empleado para la elección de la red de rutas consiste en un ratio adimensional, que engloba información demográfica, el tráfico de los aeropuertos, el crecimiento del mismo y la renta per cápita de la zona.

$$\text{Ratio} = k = k_1 \times k_2 \times k_3$$

$$k_1 = \frac{\text{Población del estado}}{\text{Población de Brasil} \times \text{nº aeropuertos en el estado}}$$

$$k_2 = \frac{\text{Tráfico Aeropuerto}}{\text{mín(Tráfico aeropuertos del ranking)}} \times \text{Crecimiento}$$

$$k_3 = \frac{\text{Renta per cápita del estado}}{\text{mín(Renta per cápita de los estados del reanking)}}$$

Según las variables utilizadas para la elaboración del parámetro k , es posible que hayan quedado fuera aeropuertos turísticos de relevante interés, ya que el ratio no incluye esta variable.

Como método alternativo para la elección de la red de rutas se ha utilizado la matriz GE-Mckinsey, ciertamente no es una aplicación directa, pero se ha tomado como base.

En el eje de abscisas se representa la influencia del tráfico de negocio de los aeropuertos y en el eje de ordenadas del tráfico turístico.

Las variables que se han tenido para ambos casos son las mismas, población / nº aeropuertos en el estado, tráfico de los aeropuertos, ratio de crecimiento del tráfico, renta per cápita y turismo. Sin embargo el peso específico de cada una de ellas es distinto para cada caso. Las variables toman valores comprendidos entre 0 y 5 según la posición del valor de la variable del aeropuerto entre el máximo y el mínimo de todos ellos.

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

Para evaluar el turismo se ha utilizado el siguiente ratio:

$$Turismo = Tráfico / (Población \times Renta\ per\ Cápita)$$

En la figura se muestran los resultados obtenidos por este último procedimiento.

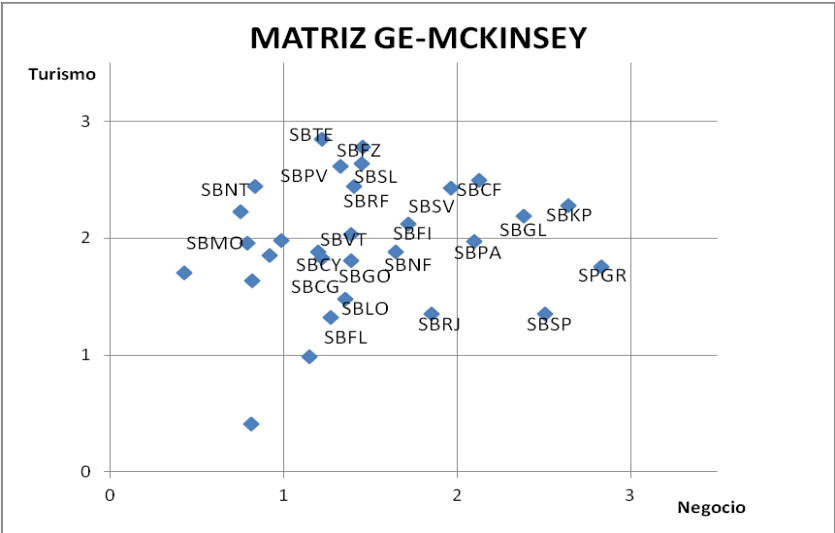


Figura 6. Matriz GE-Mckinsey

A partir de los datos arrojados por los dos métodos anteriores se determina la red de ruta inicial de la compañía (fase de penetración).

Tabla 5. Red de rutas.

SIGLA	Aeropuertos	Estado
SBSP	Aeropuerto Internacional de Congonhas	Sao Paulo
SBRJ	Aeropuerto de Santos Dumont	Río de Janeiro
SBCF	Aeropuerto Internacional de Confins	Minas Gerais
SBPA	Aeropuerto Internacional de Porto Alegre – Salgado Filho	Rio Grande do Sul
SBBR	Aeropuerto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek	Distrito Federal
SBSV	Aeropuerto Internacional de Salvador	Bahia
SBFZ	Aeropuerto Internacional de Fortaleza – Pinto	Ceará
SBSL	Aeropuerto Internacional de São Luiz	Maranhao
SBFI	Aeropuerto Internacional de Foz do Iguaçu/Cataratas	Paraná

Según la fase en la que se encuentre la compañía se van incorporando nuevos aeropuertos de acuerdo a los criterios anteriores.

Para la elección del aeropuerto base de la compañía aérea se emplean dos métodos distintos, uno meramente geométrico y otro que tenga en cuenta el tráfico de los aeropuertos.

El procedimiento I se basa en el cálculo del centro de gravedad del sistema formado por los nueve aeropuertos seleccionados. El cálculo de las masas puntuales (aeropuertos) se ha realizado a partir del ratio *k* y de los valores de abscisas y ordenadas de la matriz GE-Mckinsey. Cada uno de ellos se ha adimensionalizado con el máximo y se ha hecho la media aritmética.

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

$$Longitud_{cg} = \frac{\sum Longitud_i \times masa_i}{\sum masa_i} = 18^{\circ}13'52''$$

$$Latitud_{cg} = \frac{\sum Latitud_i \times masa_i}{\sum masa_i} = 45^{\circ}22'55''$$

El procedimiento I, se basa en un proceso puramente geométrico. Como el número de aeropuertos es múltiplo de 3, se puede obtener el centro geométrico por un proceso de triangulación.

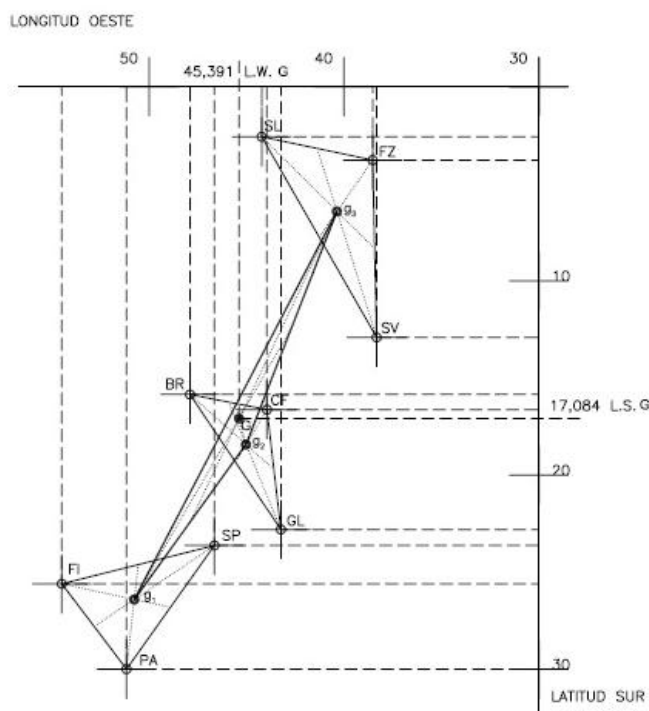


Figura 7. Cálculo geométrico del centro del aeropuerto base de la compañía.

Según se aprecia en la Figura 8 las coordenadas de punto G (centro geométrico) son: latitud = $45^{\circ}23'28''$; longitud = $18^{\circ}5'2''$.

A la vista de los métodos empleados se toma como base el aeropuerto de Belho Horizonte Confins, ya que además de cumplir los dos criterios anteriores es el que mejores condiciones presenta para la compañía.

De acuerdo a la red de rutas elaborada, hay fundamentalmente dos tipos de clientes, cliente turístico y cliente de negocio. Pese a ser una compañía *low-cost* algunas de las rutas enlazan destinos con un tráfico de negocio elevado, además estos vuelos se han colocado en franjas horarias que permitan captar este tipo de clientes (primera y última hora del día). Esta estrategia parece contradictoria con el concepto de la compañía pero permitirá durante los primeros años la supervivencia de la misma. Según se sucedan los plazos, la compañía se expandirá hacia vuelos turísticos, aumentando la frecuencia en las rutas existentes y abriendo nuevas rutas.

La reducción de costes se basa en las siguientes premisas:

- Aeronaves de nueva adquisición, permite que los consumos sean menores ya que la eficiencia energética está continuamente mejorando, proporcionando una ventaja competitiva frente a las compañías con una flota envejecida.

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

- Un único modelo de aeronave, permite flexibilidad de tripulaciones y tareas de mantenimiento uniformes.
- Estructura de la compañía, plana, sencilla y eficiente, que permita dinamizar las decisiones y maximizar la productividad de todos los elementos de la compañía.
- Maximizar el tiempo de utilización de la aeronave, reducir los tiempos de escalas gracias a los vuelos punto a punto.
- Producto sencillo y barato. Un solo tipo de servicio (una sola clase).
- Maximizar la productividad de los empleados, mediante la asignación de una parte de la remuneración por objetivos.
- *Stabling in house* de las aeronaves y tripulaciones, de esta manera no hay vuelos posicionales.
- Minimización de los costes de ventas, mediante *outsourcing* de la distribución y venta de billetes, venta telefónica o vía internet.

En la figura siguiente se muestran las distintas fases de la compañía según el horizonte temporal.

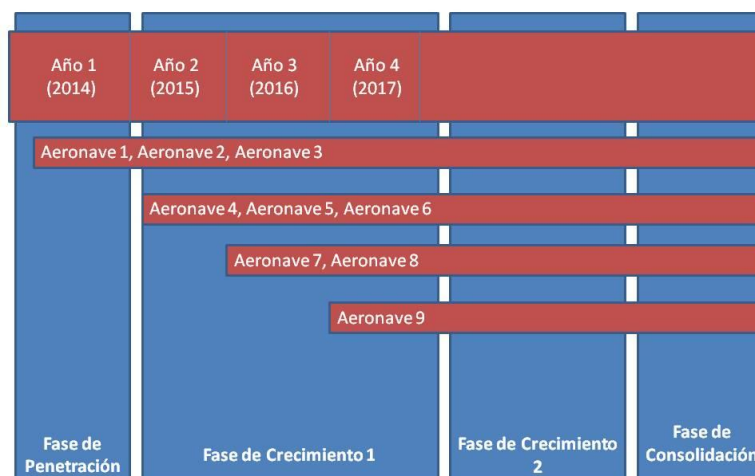


Figura 8. Fases de la compañía.

Las aeronaves son activos muy caros, por lo que la adecuada selección de la flota influirá de manera determinante en el éxito de la compañía, ya que suponen directa o indirectamente entre un 25 y un 45 % de los costes totales de la compañía [2].

Como consecuencia de la vital importancia de la selección de la flota, se ha realizado un análisis de los diferentes modelos que ofrecen a los fabricantes, con el fin de determinar la aeronave que se adecúe mejor a las necesidades de la compañía.

A continuación se exponen los criterios de selección considerados para la selección de la flota: precio, performance de la aeronave que se ajuste a las operativas de la compañía, máxima fiabilidad, ya que en la fase de penetración no se dispondrá de ninguna aeronave en reserva, con la que la disponibilidad de las aeronaves es fundamental, mínimo consumo de combustible, de tal manera que se reduzcan los costes de operación, facilidad de operación y mantenimiento, disponibilidad en el mercado y pertenencia a una familia de aviones, de tal forma que se puedan optimizar la futura flota y permita variar capacidad y el rango, sin modificaciones en la tripulación y el mantenimiento.

De acuerdo a los criterios mencionados se opta por el Embraer 195 LR, ya que presenta mejores condiciones para la compañía que otras aeronaves competidoras como el Bombardier CRJ – 1000, el

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

B737-600 o el A318. Por último mencionar que la evolución de la flota se muestra en la Figura 8, y que para adquirirlas se opta por un *leasing* operativo.

Los cálculos realizados tanto para los costes como para los ingresos se corresponden con el cuarto año de operación de la compañía, año 3 de la etapa de crecimiento 1, ya que a pesar de no encontrarse dentro del período de consolidación, se considera que es lo suficientemente estable. El tipo de cambio tomado es 1 \$ = 2,15 R\$.

En la Figura 9 y 10 se indican los costes en los que incurre la compañía y su importancia relativa.

Para determinar la evolución de los precios se ha realizado un estudio de la tarifas de la competencia para una compra con tres meses de antelación, un mes de antelación y una semana de antelación. Teniendo en cuenta que son vuelos domésticos cuya duración máxima es alrededor de tres horas no tiene mucho sentido analizar las tarifas para compras con más de tres meses de antelación.

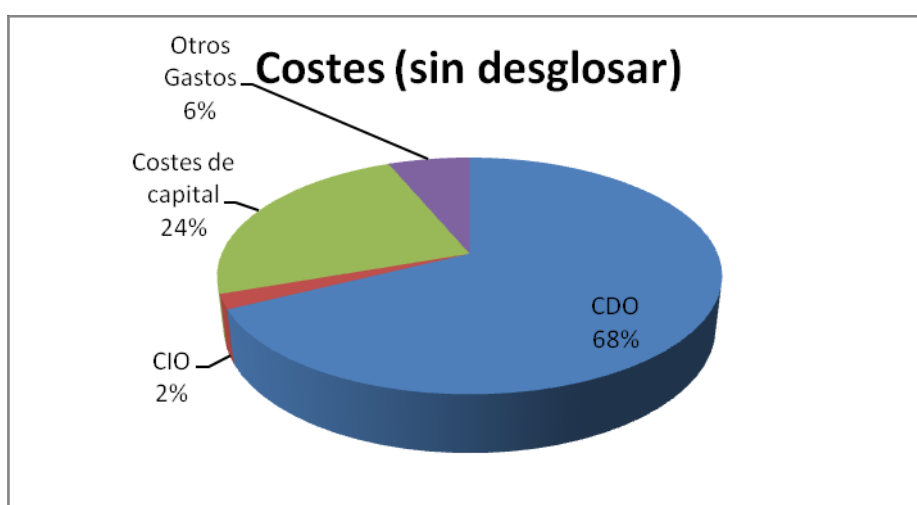


Figura 9. Porcentaje de costes agrupados por su naturaleza

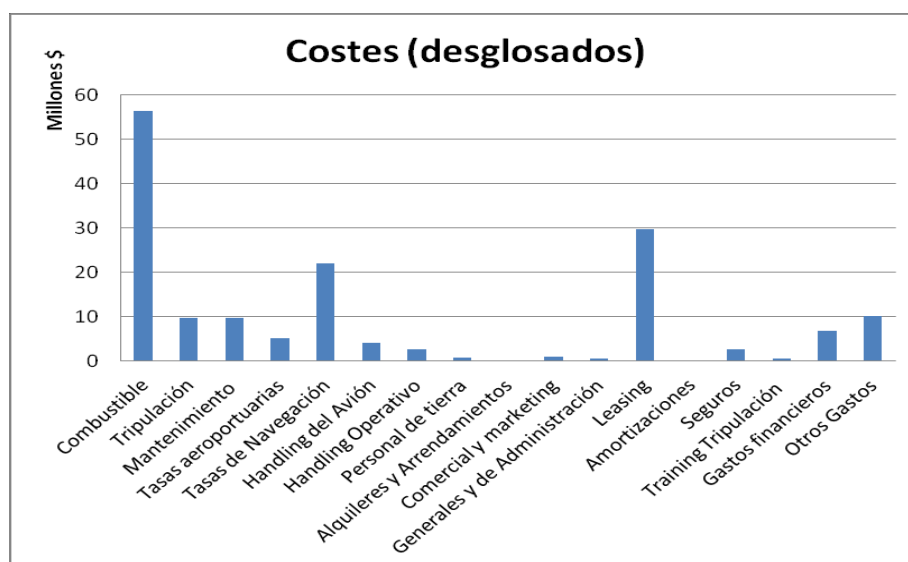


Figura 10. Costes de las distintas partidas

El precio máximo de los billetes será siempre inferior al precio de mercado, un 10 % menor al mínimo precio ofrecido por la competencia (se toma como precios de referencia de la competencia el precio de

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

los billetes con una semana de antelación). Por último se supone que un 30 % de los billetes vendidos se venden al 30 % del precio máximo, un 47 % al 75 % y el 23 % restante al máximo.

A partir de las hipótesis anteriores se calculan los ingresos de la compañía.

Tabla 6. Ingresos y beneficios de la compañía

Ingresos anuales	194441108 \$
Beneficios antes de impuestos	32314250 \$
Beneficios después de impuestos	22619975 \$
% Beneficios sobre Ingresos totales	11,6 %

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla siguiente se indican los parámetros más relevantes de la compañía, los datos mostrados se comparan con los proporcionados por GOL, hubiese sido preferible tomar como compañía de referencia Azul, pero los datos que publica la compañía son muy reducidos.

Tabla 7. Resultados y datos operativos de la compañía

Datos Operativos	
Ingresos anuales	194441108
Pasajeros	2289560
PKT (millones)	2359
AKO (millones)	3386
Factor de ocupación	69,67%
Factor de ocupación crítico	59,50%
Utilización diaria media (HB/día)	13h 31 minutos
Tarifa media	85 \$ (183 R\$)
Yield (\$/pasajeros y km)	8,242
Ingresos /AKO (céntimos \$)	5,742
Costes /AKO (céntimos \$)	4,788
(Costes - Costes combustibles)/AKO (céntimos \$)	3,122
Salidas	26936
Salidas/día	74
Destinos servidos	14
Etapas media	1h 44 minutos
Flota	9
Flota eficaz	8
Cuota de mercado	2,89%

Para realizar los cálculos se fijó como factor de ocupación el 70 %, una vez realizadas todas las operaciones en detalle el factor de ocupación obtenido ha sido el 69,67 %. El mercado doméstico en su conjunto según ANAC alcanzó en Septiembre de 2012 un factor de ocupación medio del 75,57 %, con lo que el resultado obtenido es coherente. Mencionar que Azul alcanzó en mayo de 2012 de factor de ocupación superior al 80 %, mientras que GOL obtuvo un 69,5 %. El modelo de negocio de Azul es el que más se asemeja al de la compañía en cuestión, y es razonable que tenga un mayor factor de ocupación, ya que es una compañía que está perfectamente asentada en el mercado. El factor de ocupación crítico es el 59,5 %, muy inferior al proporcionado por GOL en 2011 (70,9%), sería conveniente comparar este factor de ocupación con el de Azul, pero se desconoce su valor, ya que la

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

compañía no proporciona esta información. La diferencia existente entre el factor de ocupación y el factor de ocupación crítico proporciona una fuerte ventaja competitiva. Esta diferencia permitiría si es necesario reducir las tarifas en aquellas rutas donde no se alcance la cuota de mercado objetivo sin poner en peligro la viabilidad de la compañía. Resaltar que el bajo factor de ocupación crítico responde a una política de reducción de costes en todos los ámbitos de la compañía, en este sentido mencionar por ejemplo la disminución de los costes del *handling* de carga de pago gracias a la unificación de tareas y personal con el *handling* operativo.

La utilización diaria media en hora bloque obtenida es 13 horas y 31 minutos, valor superior al obtenido por GOL en el segundo semestre de 2012, 13 horas y 12 minutos, podría parecer que el valor obtenido es muy optimista, pero hay que tener en cuenta que los datos proporcionados por GOL corresponden a la media de sus operaciones, tanto vuelos domésticos como internacionales. La realización de vuelos internacionales precisa en gran parte de los casos vuelos de conexión, lo que aumenta los tiempos de escala y reduce la productividad de la flota. La alta productividad de la compañía se fundamenta principalmente en la realización de vuelos punto a punto, con la reducción de tiempos de escala asociados que conlleva y a las propias características del mercado doméstico brasileño que permite obtener una etapa media elevada (1 hora y 44 minutos) teniendo en cuenta que no se realizan vuelos internacionales.

El rendimiento medio obtenido (\$/km y pasajero) es de 8,2 céntimos de dólar por kilómetro y pasajero transportado, valor inferior al obtenido por GOL en 2011, 9,1 céntimos de dólar por kilómetro y pasajero transportado, resultado razonable ya que las tarifas fijadas son inferiores a las de las compañías competidoras. De igual manera que con el *yield*, los ingresos obtenidos por AKO (PRASK, *passenger revenue per available seat kilometer*), son también inferiores a los obtenidos por GOL, 5,7 céntimos de dólar por AKO y 6,23 céntimos de dólar por AKO respectivamente.

Los buenos resultados de la compañía se deben en gran medida al bajo valor de costes por AKO obtenidos, 5,7 céntimos de \$ por AKO, valor inferior al obtenido por GOL en 2011, 6,23 céntimos de dólar por AKO.

Pese a que los ingresos por AKO o el *yield* sean inferiores a los valores obtenidos por compañías competidoras como GOL, la diferencia de costes favorable para la compañía en cuestión es más significativa, lo que permite obtener excelentes resultados.

En relación a la flota, la elección del Embraer 195 presenta grandes ventajas en precio y en consumo. Pese a tener una capacidad cercana a aeronaves como el A318 o el B737-600 su máximo peso a despegue es bastante inferior, lo que conlleva una reducción en consumo y en tasas aeroportuarias y de navegación aérea significativa. Por último, mencionar las facilidades de asistencia técnica al ser Embraer una compañía brasileña.

CONCLUSIONES

Brasil es un país con una población que supera los 190 millones de personas con un producto interior bruto de 2,2 billones de dólares y con una renta per cápita cercana a 11.700 \$. Más significativo que los valores absolutos de la renta es la evolución de los últimos años, mencionar por ejemplo que en el año 2003 el 12,3% de la población estaba en una situación de pobreza extrema, reduciéndose prácticamente a cero este valor en 2010. Gracias a los buenos indicadores macroeconómicos se prevé un aumento progresivo del porcentaje de la población con poder adquisitivo para volar, sumado a la gran población del país hace que el mercado del transporte doméstico tenga un gran potencial de crecimiento. Resaltar también los favorables ratios de crecimiento del mercado doméstico, desde el año 2004 el crecimiento medio anual ha superado el 12 %, valor superior al alcanzado por la mayoría de los mercados domésticos.

Por último mencionar que tres compañías se reparten prácticamente el 90 % del mercado (GOL + Webjet, Azul y TAM).

Martín, Alonso y Benito – Viabilidad de una nueva compañía aérea de bajo coste en Brasil

Resumiendo todo lo mencionado anteriormente, gracias al potencial económico de Brasil, a la buena situación del transporte aéreo doméstico y al reducido número de compañías que satisfacen las necesidades del sector, la creación de una nueva compañía *low cost* que se adapte a los cambios sociales que se están produciendo en el país tiene un futuro prometedor.

REFERENCIAS

- [1] Pindado, S., “Elementos del transporte aéreo”, Instituto Universitario de Microgravedad Ignacio Da Riva, Madrid, España, 2007.
- [2] Alonso, G. y Benito, A., “Explotación comercial de aeronaves”, Publicación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos.
- [3] ANAC, “Evolución del mercado doméstico regular brasileño”. Disponible en: <http://www2.anac.gov.br/portal/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=330>
- [4] ANAC, “Cuota de mercado de las principales compañías brasileñas, mercado doméstico”. Disponible en: <http://www2.anac.gov.br/portal/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=330>
- [5] Azul, “Red de rutas de azul”. Disponible en: <http://www.voeazul.com.br/>
- [6] Azul, “Datos operativos de Azul”. Disponible en: <http://www.voeazul.com.br/>
- [7] IATA, “Domestic Passenger Growth by Country”. Disponible en: <http://www.iata.org/>

INTERACCIÓN DE LA PLANIFICACION DE USOS DEL SUELO Y LA CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LOS S.S.E.I

Juan Pedro Monteagudo^{1*}; Víctor Padilla¹; Esteban Maddonni Brito¹; Sergio Pitrelli¹; Pablo Di Gregorio¹.

¹ *G.T.A. Grupo Transporte Aéreo- U.I.D. "G.T.A.-G.I.A.I", Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina*

Palabras clave: Aeropuertos, entorno, urbe, accidentes, SSEI

RESUMEN:

En el presente trabajo se realiza una descripción y un análisis detallado de las zonas afectadas por los accidentes aéreos en el entorno aeroportuario inmediato, basado en las estadísticas existentes. Luego se contrasta esta información con implantaciones de aeropuertos urbanos y se plantea la capacidad de respuesta del S.S.E.I. Esto busca determinar una variable adicional a las superficies limitadoras de obstáculos y mapas estratégicos contaminantes acústicos y gaseosos a la hora de definir el predio donde se emplazará un aeropuerto. Finalmente se discute sobre las consideraciones que los códigos urbanos de desarrollo deberían contemplar para que la capacidad de respuesta de los SSEI se encuentre en los lineamientos de la normativa de aplicación.

SUMMARY

In the following paper, a detailed description and analysis of the areas affected by plane crashes in the immediate airport environment, based on existing statistics, has been made. The information was contrasted with the location of city airports and the responsiveness of the Rescue and Fire Fighting Services. The purpose is to determine an additional variable to the obstacles limitation surfaces and the strategic maps of noise and gaseous pollutants to define the future location of an airport. Finally, the linkage between urban codes and aeronautic normative was discussed with the purpose of evaluate that the responsiveness of the Rescue and Fire Fighting Services is in accordance with the guidelines of the applicable regulations.

INTRODUCCIÓN

La base de accidentes aéreos de ADREP (Accident/Incident Data Report) de la OACI, pone en evidencia que la mayoría de los siniestros aeronáuticos tienen lugar durante las maniobras de aproximación y despegue en las inmediaciones de las cabeceras de las pistas. OACI lo manifiesta a través de el *Manual de Servicios Aeroportuarios Parte 1 – Salvamento y Extinción de Incendios* [1] en donde, en uno de sus capítulos hace referencia a 576 accidentes, ocurridos entre los años 1970 y 1989. La Figura 1 muestra los 576 accidentes que se produjeron durante el aterrizaje (desde 1000 m. antes del umbral) y el despegue (1000 m. después del extremo de pista).

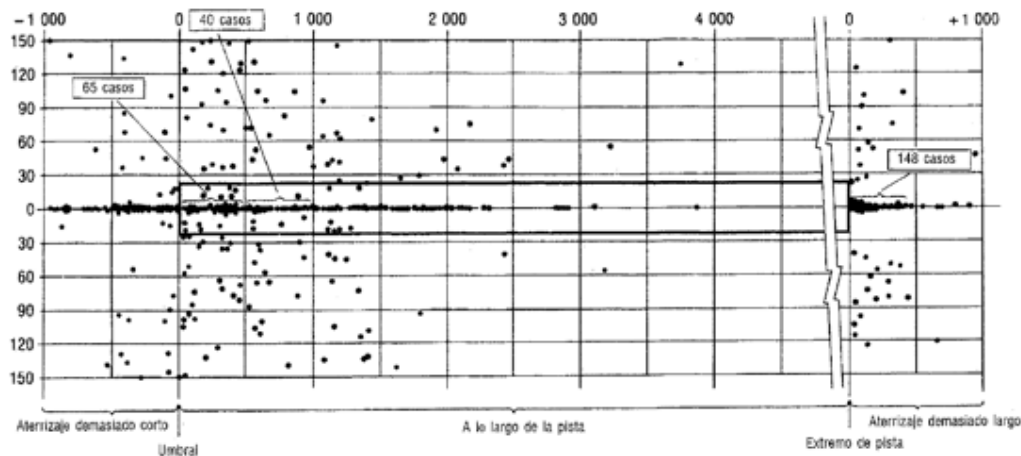


Figura 1. Accidentes ocurridos durante el aterrizaje y el despegue

De los 576 accidentes antes mencionados, 233 tuvieron como protagonistas a aeronaves con una masa máxima certificada mayor a los 5700 kg.

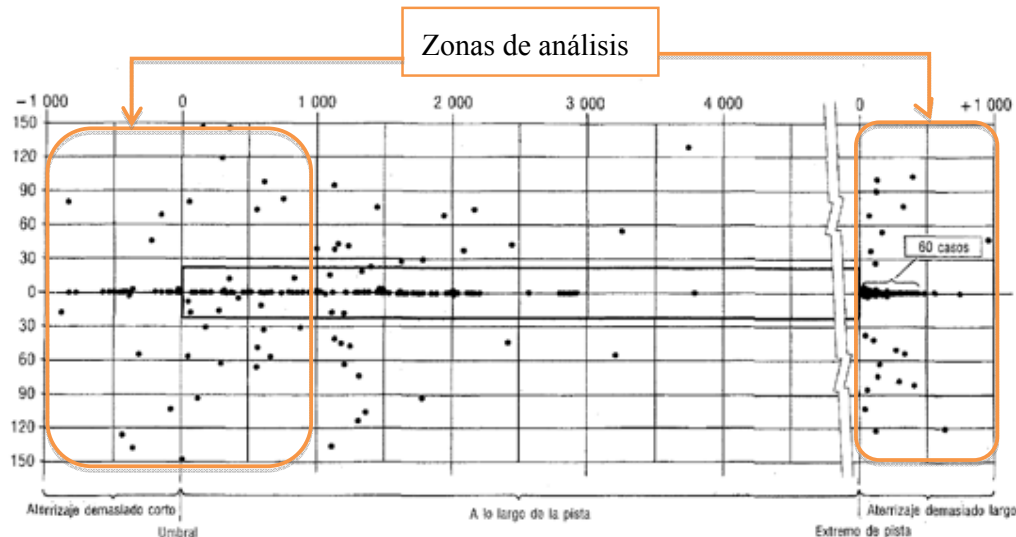


Figura 2. Ubicación de los accidentes ocurridos durante el aterrizaje y el despegue de aeronaves con una masa máxima certificada de más de 5.700 kg

Juan Pedro Monteagudo^{1*}; Víctor Padilla¹; Esteban Maddonni Brito¹; Sergio Pitrelli¹; Pablo Di Gregorio¹-
Interacción de la planificación de usos del suelo y la capacidad de respuesta de los S.S.E.I

Si se toman los accidentes de los últimos 15 años se ratifican los datos estadísticos de años anteriores y se puede observar que la localización crítica de los accidentes aéreos sigue siendo la misma. La Figura 3 pone en evidencia lo mencionado previamente.

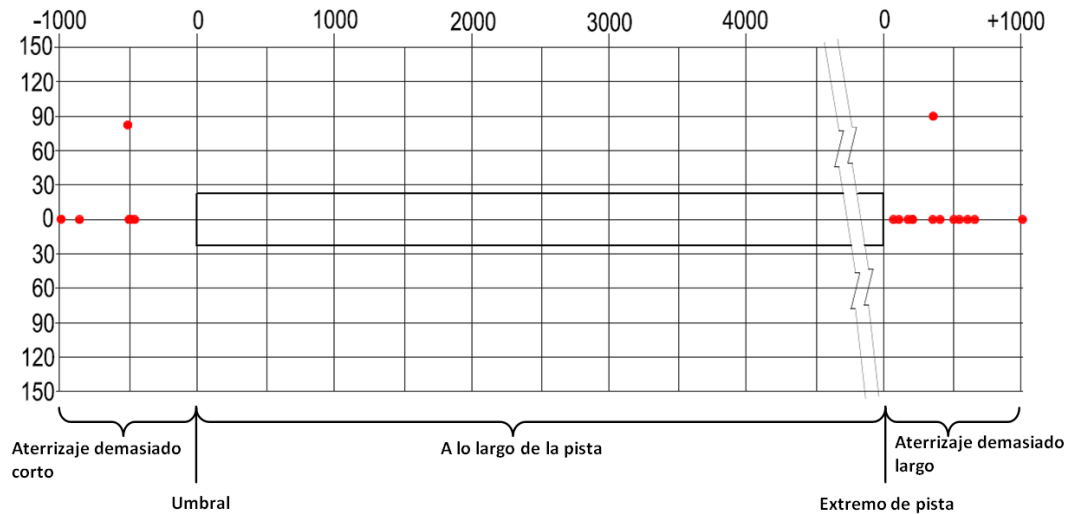


Figura 3. Ubicación de los accidentes ocurridos entre los años 1998 y 2013

De los accidentes ocurridos en las inmediaciones a las cabeceras de las pistas la mayoría tiene lugar durante el aterrizaje, ya sea por aterrizajes demasiado cortos o demasiado largos, mientras que en menor medida con los accidentes durante los despegues. En la Figura 4 se muestran las curvas de distribución de probabilidad de accidentes en las inmediaciones de la cabecera para el caso de aterrizajes.

Las tendencias de los últimos años muestran que los accidentes en situación de despegue han disminuido, mientras que se evidencia un aumento en accidentes durante el aterrizaje, según Flight Safety Foundation [2]. Lo anterior se muestra en la Figura 4 y Figura 5.

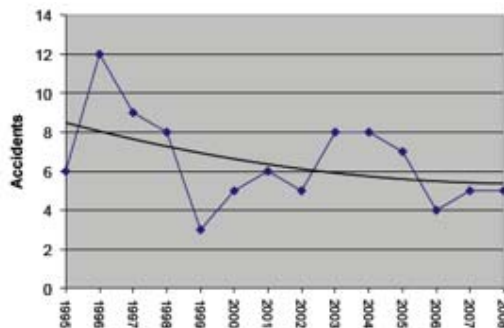


Figura 4. Accidentes durante el despegue

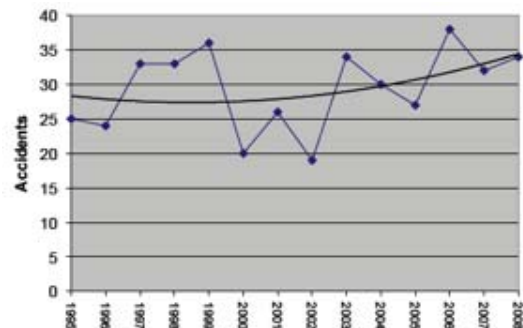


Figura 5. Accidentes durante el aterrizaje

De los accidentes ocurridos en las inmediaciones a las cabeceras de las pistas la mayoría tiene lugar durante el aterrizaje, ya sea por aterrizajes demasiado cortos o demasiado largos, mientras que en menor medida durante los despegues. En la Figura 5 y Figura 6 se muestran las curvas de distribución de probabilidad de accidentes en las inmediaciones de la cabecera para el caso de aterrizajes cortos y aterrizajes largos respectivamente.

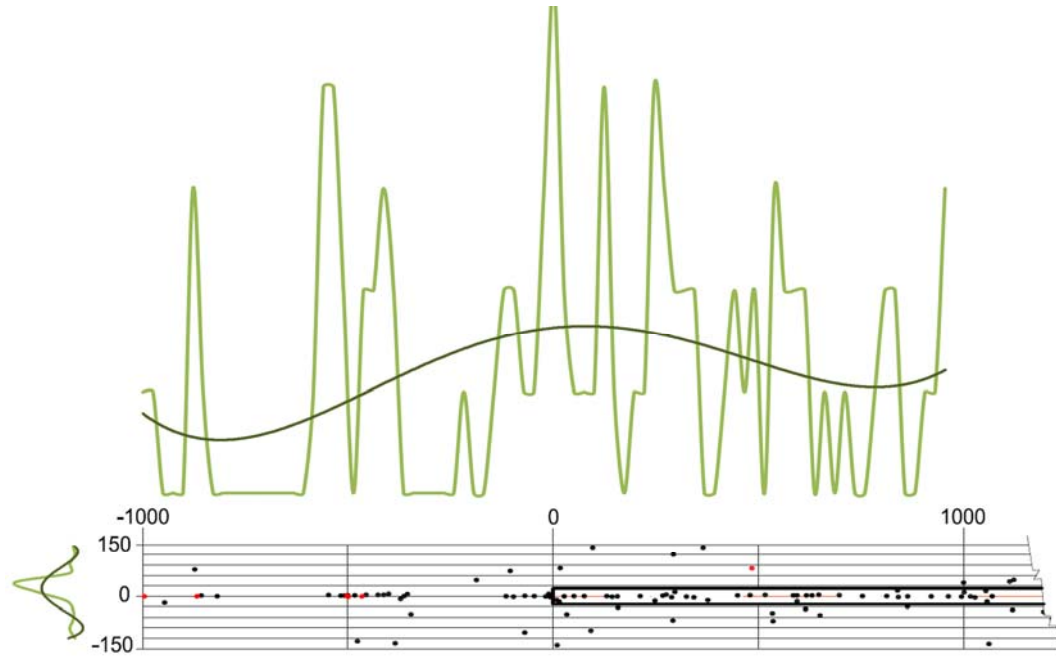


Figura 5. Distribuciones de probabilidad de accidentes en aterrizajes cortos

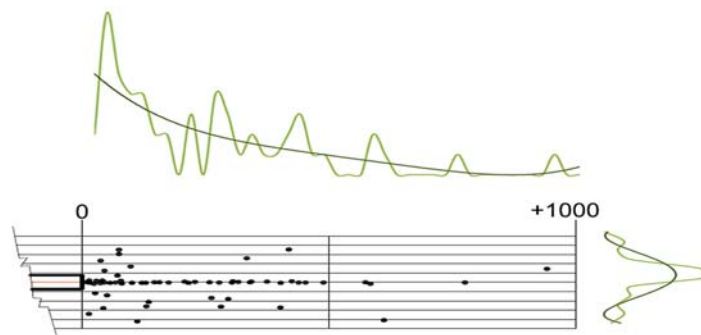


Figura 6. Distribuciones de probabilidad de accidentes en aterrizajes largos

Un informe realizado por Boeing [3] muestra que el 16% de los accidentes fatales ocurren durante el despegue y la escalada inicial mientras que un 41% tienen lugar durante la aproximación final y el aterrizaje.

Juan Pedro Monteagudo^{1*}; Víctor Padilla¹; Esteban Maddonni Brito¹; Sergio Pitrelli¹; Pablo Di Gregorio ¹-
Interacción de la planificación de usos del suelo y la capacidad de respuesta de los S.S.E.I

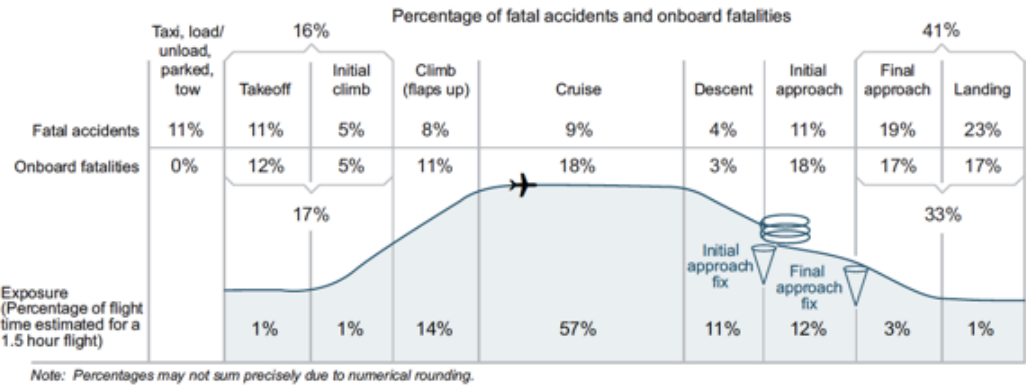


Figura 7. Porcentaje de accidentes durante las diferentes etapas de vuelo

A la hora de evaluar los tiempos de respuesta del S.S.E.I., es importante conocer cuales son los factores que puedan causar los accidentes en las distintas etapas del vuelo. En las siguientes gráficas puede observarse las distintas causas tanto para el aterrizaje como para el despegue

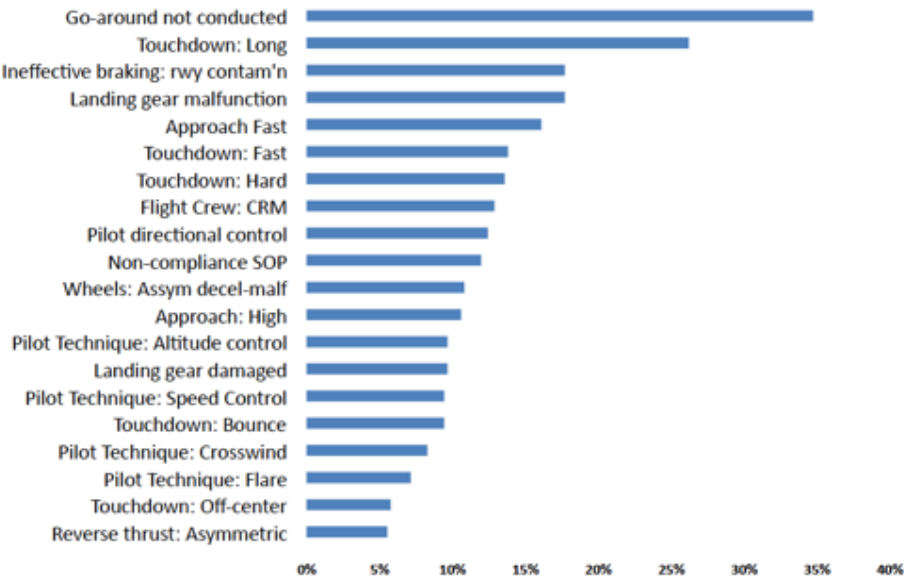


Figura 8: Causas de accidente durante el aterrizaje

Juan Pedro Monteagudo^{1*}; Víctor Padilla¹; Esteban Maddonni Brito¹; Sergio Pitrelli¹; Pablo Di Gregorio¹-
Interacción de la planificación de usos del suelo y la capacidad de respuesta de los S.S.E.I

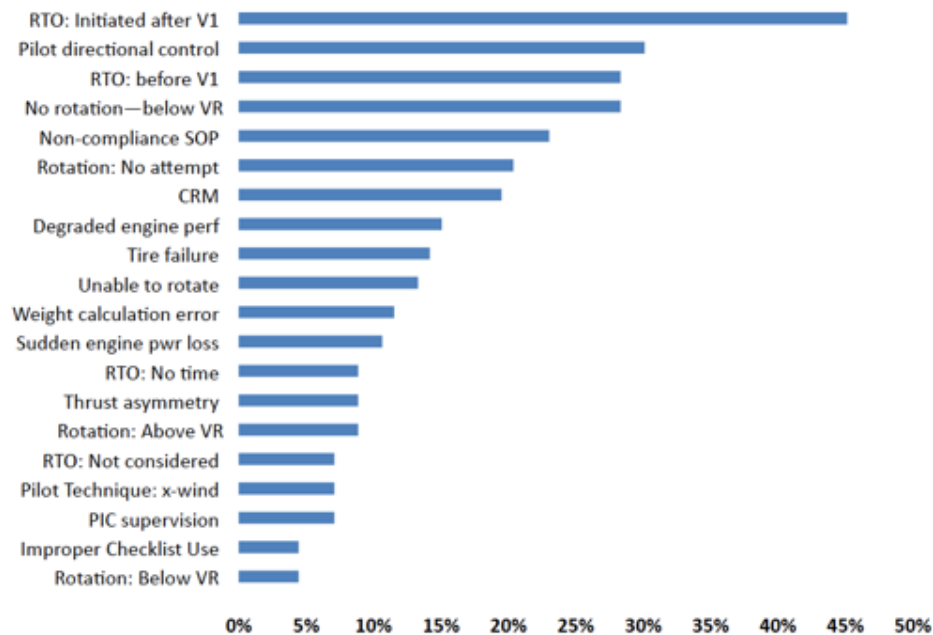
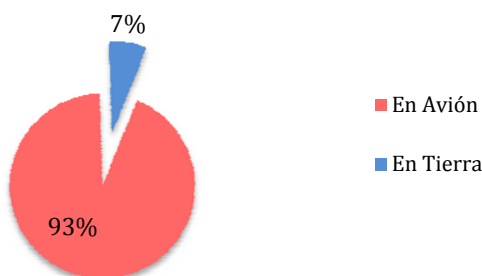


Figura 9: Causas de accidente durante el despegue

Es por eso que resulta tan importante que las zonas aledañas al predio aeroportuario se encuentren libres de cualquier tipo de desarrollo urbano. Hoy en día existen 911 campos de vuelo que son considerados aeropuertos urbanos o “city airports”, y 9 de los 10 aeropuertos con más tráfico en el mundo (la excepción es París - Charles de Gaulle) entran dentro de esta categoría [4]. Una catástrofe de este estilo podría no solo poner fin a la vida de los pasajeros sino también a la de civiles en tierra, los cuales no tienen ningún vínculo con la actividad aeronáutica. Es por eso que es necesario tener conocimiento del código urbano pertinente ya sea para desarrollar un nuevo aeropuerto o realizar obras de ampliación en uno existente.

METODOLOGÍA

Como punto de partida del análisis se realizó una investigación detallada de los accidentes más significativos ocurridos en entornos aeroportuarios inmediatos durante los últimos 15 años. De las 734 víctimas que hubo, el 7% (48) fueron personas no relacionadas con la actividad aeronáutica, civiles que murieron por el simple hecho de encontrarse en las cercanías del aeropuerto y cuyo deceso pudo haberse evitado si el aeropuerto hubiese estado ubicado en un entorno apropiado alejado de focos de desarrollo urbano.

Fallecimientos en los últimos 15 años

A pesar de lo anterior, la mayoría de las veces los aeropuertos son emplazados en los lugares que corresponde, lejos del centro de la ciudad, conectado a esta mediante distintos medios de transporte exclusivos (autopistas, subterráneos, ferrocarriles). Es el desarrollo de la urbe la que termina sofocando al aeropuerto y esto se debe a la poca articulación entre la autoridad aeronáutica y aquella responsable de la planificación e implementación de los códigos urbanos.

Uno de los puntos más importantes durante un siniestro aeronáutico es la actuación del Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (S.S.E.I.). Las estaciones del sistema de salvamento se encuentra ubicadas de manera tal que se cumplan todos los estándares de seguridad regulados por OACI. En el Anexo 14 Vol. 1 – Aeródromos [5] se menciona lo siguiente: *“El objetivo principal del servicio de salvamento y extinción de incendios es salvar vidas humanas. Por este motivo, resulta de importancia disponer de medios para hacer frente a los accidente o incidentes de aviación que ocurran en un aeródromo o en sus cercanías, puesto que es precisamente dentro de esa zona donde existen las mayores oportunidades de salvar vidas humanas”*. Para esto OACI plantea varias medidas de seguridad, desde tener un plan de emergencia hasta garantizar un determinado régimen de descarga de los agentes extintores. De todas esas medidas, se hará hincapié sobre una en particular: el tiempo de respuesta del servicio. *“El objetivo operacional del servicio de salvamento y extinción de incendios consistirá en lograr un tiempo de respuesta que no exceda de tres minutos hasta el extremo de cada pista operacional, en condiciones óptimas de visibilidad y superficie [...] Debería consistir en lograr un tiempo de respuesta que no exceda los dos minutos hasta el extremo de cada pista operacional [...] Se considera que el tiempo de respuesta es el período entre la llamada inicial al servicio de salvamento y extinción de incendios y la aplicación de espuma por los primeros vehículos que intervengan, a un ritmo como mínimo de un 50% del régimen de descarga especificado”*. Entonces, a la hora de poder garantizar esta medida, surgen diversas cuestiones como por ejemplo el lugar en el que se encuentra emplazado el aeropuerto. No será lo mismo un aeropuerto emplazado en un predio amplio, de terreno llano que uno que se encuentre situado entre laderas de montañas o rodeado de construcciones urbanas. Si el entorno presenta inconvenientes para el correcto funcionamiento bajo normativa del S.S.E.I. deberán tomarse los recaudos necesarios para poder garantizar la funcionalidad del mismo. OACI dice: *“Cuando las condiciones topográficas lo permitan, en los aeropuertos se deberían abrir caminos de acceso de emergencia para poder conseguir los tiempos de respuesta mínimos. Se debería prestar atención especial a la provisión de caminos de*

fácil acceso a las áreas de aproximación, hasta una distancia de 1000 m del umbral, o al menos desde éste hasta los límites del aeropuerto. En los casos en que el aeropuerto esté cercado, deberían construirse entradas o barreras frangibles de emergencia para facilitar el acceso a puntos situados fuera de los límites del aeropuerto [...]. Cuando un camino de acceso de emergencia, normalmente provisto de una entrada o barrera frangible, conduzca a los vehículos de emergencia a una carretera pública, la parte exterior de la entrada o barrera debería estar marcada indicando su finalidad y habría que prohibir que se estacionen vehículos en la vecindad inmediata. Se deberían construir esquinas apropiadas, que tengan un radio adecuado para que los vehículos pesados de salvamento y extinción de incendios puedan maniobrar, para facilitar el movimiento de los vehículos que acudan a través de las entradas o barreras de emergencia de la cerca”.

En el párrafo anterior es donde se pone en evidencia la articulación que se requiere entre la autoridad aeronáutica y el gobierno. OACI toma las medidas necesarias para que el S.S.E.I. pueda desplegarse de la mejor manera ante un siniestro aeronáutico, pero la mayoría de las veces los códigos urbanos y aquellos que los gobiernan no están al tanto de la normativa, lo cual desenlaza en el incumplimiento de la misma y en un entorno con menor seguridad operacional ante un accidente.

Se realizó una búsqueda y selección de aeropuertos dentro de las 3 categorías siguientes: aquellos de carácter rural, en donde el S.S.E.I. podría moverse con total libertad a la hora de llevar a cabo las tareas que le son pertinentes; aquellos de carácter semi-rural donde existe cierta interferencia entre las posibles zonas de accidentes y la urbanización adyacente; y un tercer tipo que son aquellos que se encuentran completamente inmersos en la ciudad sin posibilidad de expansión (denominados City Airports). A su vez, partiendo del registro de accidentes de los últimos 15 años y los ocurridos entre los años 1970 y 1989, se diagraman los puntos correspondientes a la ubicación aproximada de cada accidente. Este diagrama de puntos se superpone sobre una imagen de los aeropuertos antes mencionados y se analiza cada caso.

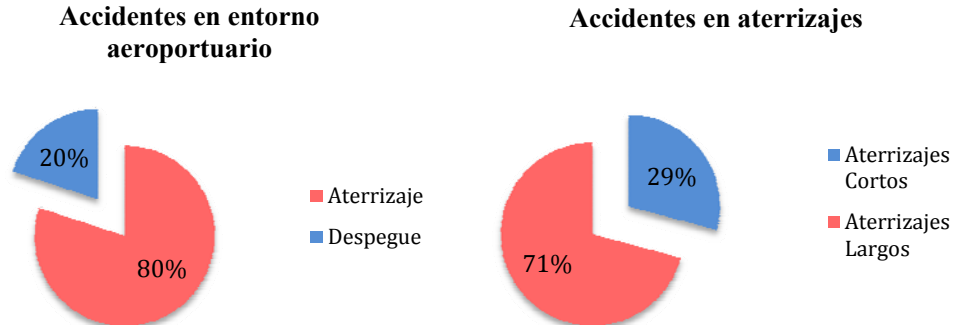
El aeropuerto de Berlín-Schönefeld puede considerarse un aeropuerto ideal desde el punto de vista del S.S.E.I. Las zonas sombreadas en la figura corresponden a aquellas en donde se dan los accidentes en las inmediaciones del predio aeroportuario siendo la zona roja la más crítica y la verde la menos frecuente. Está situado en un terreno llano y despejado permitiendo el cómodo desempeño de los vehículos de Salvamento. Se construyó con el fin de centralizar todos los vuelos de Berlín y así dejar de utilizar el aeropuerto de Tempelhof, el cual generaba pérdidas y al estar inmerso en la ciudad era menos seguro frente a un siniestro y causaba contaminación acústica y gaseosa sobre esta. Con el tiempo el aeropuerto de Berlín-Tegel también cerrará sus puertas por los mismos inconvenientes que presenta Tempelhof.

Juan Pedro Monteagudo^{1*}; Víctor Padilla¹; Esteban Maddonni Brito¹; Sergio Pitrelli¹; Pablo Di Gregorio¹-
Interacción de la planificación de usos del suelo y la capacidad de respuesta de los S.S.E.I



Figura 6. Aeropuerto Berlin-Schönefeld

El aeropuerto de Valencia, por ejemplo, presenta mayores complicaciones que Berlín-Schönefeld. Parte de su perímetro limita con autopistas y zonas residenciales, por lo que cualquier accidente dentro del área crítica dependiendo de donde tenga lugar el siniestro puede presentar inconvenientes en el correcto desenvolvimiento del S.S.E.I. Para aeropuertos donde se da este fenómeno se plantea una potencial solución. Como se mencionó anteriormente la mayoría de los accidentes ocurridos en la zona crítica tienen lugar durante los aterrizajes y dentro de estos, la tendencia de ocurrencia es por exceder la pista (aterrizajes largos).



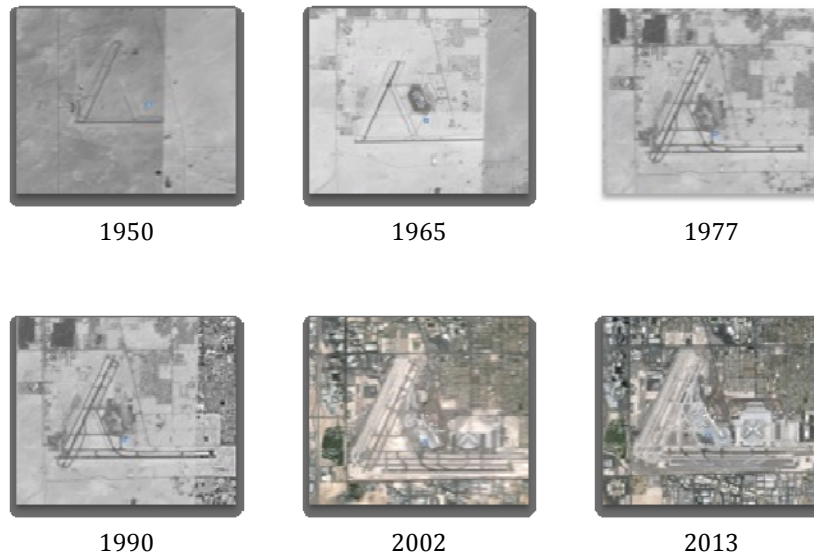
Una alternativa que podría ayudar a evitar futuros accidentes sería prever una estrategia de uso de pista en base al modelo de gestión del espacio aéreo: utilizar para aterrizajes, en mayor medida, y siempre y cuando las condiciones meteorológicas lo permitan, la cabecera que limita con la zona poblada. De esta manera, los aterrizajes largos terminarían afectando terreno rural y no zonas residenciales. Esta sería una solución de compromiso debido a que aproximar de esta manera generaría mayor contaminación acústica y gaseosa sobre la ciudad. En el caso del aeropuerto de Valencia sería una aproximación con rumbo 30.

Juan Pedro Monteagudo^{1*}; Víctor Padilla¹; Esteban Maddonni Brito¹; Sergio Pitrelli¹; Pablo Di Gregorio¹ -
Interacción de la planificación de usos del suelo y la capacidad de respuesta de los S.S.E.I



Figura 7. Aeropuerto de Valencia

Como se menciona anteriormente, los aeropuertos no suelen emplazarse dentro zonas urbanas sino en terrenos aislados, en donde exista la menor interferencia con posibles obstáculos para el correcto funcionamiento del mismo, y es la necesidad de desarrollo de los centros urbanos en conjunto con una falta de articulación entre autoridades, entre otros factores, los que hacen que el aeropuerto sea sofocado por la ciudad. Puede citarse como ejemplo el caso del Aeropuerto Internacional McCarran en Las Vegas, EE.UU. Si bien es un aeropuerto que se encuentra en norma, es un claro ejemplo de cómo la ciudad se fue expandiendo a su alrededor con el correr de los años.



En un City Airport, como lo es el Aeropuerto de Congonhas/São Paulo, las posibilidades de que un accidente afecte las zonas urbanas son mucho mas altas que en un aeropuerto rural o semi – rural. En este tipo de aeropuertos hay que tener ciertas consideraciones a la hora de evaluar los tiempos de respuesta del S.S.E.I. y es cuando entra en juego la articulación entre la autoridad aeronáutica y el responsable de redactar, evaluar y llevar a cabo los códigos urbanos.

Juan Pedro Monteagudo^{1*}; Víctor Padilla¹; Esteban Maddonni Brito¹; Sergio Pitrelli¹; Pablo Di Gregorio ¹-
Interacción de la planificación de usos del suelo y la capacidad de respuesta de los S.S.E.I



Figura 8. Aeropuerto de Congonhas

Por lo tanto, si el aeropuerto contara con un predio lo suficientemente grande como para que la zona crítica se encontrara dentro de este, no importaría (desde el punto de vista de la respuesta de los S.S.E.I.) si estuviese emplazado en un entorno rural o urbano. El problema surge cuando el predio es acotado y se exponen a personas ajenas a la actividad.

<div>Predio</div> <div>Tipo</div>	Rural	Semi-Rural	Urbano
Amplio			
Acotado			

Riesgo bajo de afectación a entorno aeroportuario por accidente



Riesgo medio de afectación a entorno aeroportuario por accidente



Riesgo alto de afectación a entorno aeroportuario por accidente



CONCLUSIONES

Todas las normas obligatorias (y de ser posible las recomendaciones que da OACI en sus anexos), deberían de respetarse. Tener el entorno preparado para el correcto desenvolvimiento del Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios cuando este no es el óptimo, es una manera de minimizar el número de potenciales víctimas frente a un siniestro aeronáutico. Obras tales como generar un carril exclusivo en carreteras públicas o reformar las esquinas para que los vehículos de salvamento puedan circular con comodidad, son de carácter menor y pueden ayudar mucho frente a un accidente.

Las futuras obras provistas en aeropuertos (desde aeropuertos nuevos u obras de ampliación), deberían ser tenidas en cuenta, por las autoridades correspondientes, con un mayor ímpetu que el actual

En cuanto a la ubicación de los aeropuertos, aquellos que se encuentran en zonas rurales presentan las condiciones más adecuadas para el desenvolvimiento del S.S.E.I. En cambio aquellos rodeados por la ciudad, ya sea parcial o totalmente, y que no cuenten

Juan Pedro Monteagudo^{1*}; Víctor Padilla¹; Esteban Maddonni Brito¹; Sergio Pitrelli¹; Pablo Di Gregorio¹-
Interacción de la planificación de usos del suelo y la capacidad de respuesta de los S.S.E.I

con un predio lo suficientemente grande como para que los accidentes ocurran dentro del aeropuerto, comienzan a generar inconvenientes ante potenciales accidentes. Si se cuenta con un predio aeroportuario lo suficientemente grande como para que la zona crítica de accidentes desarrollada se encuentre dentro del mismo, no habría inconvenientes en el desempeño del S.S.E.I. En cambio, si se tiene un predio acotado, el riesgo de que un accidente afecte a personas ajenas a la actividad aeronáutica se incrementa conforme el aeropuerto se vuelve mas urbano, lo que desencadena en una articulación más rigurosa entre la autoridad aeronáutica y las instituciones que desarrollan y aprueban los códigos urbanos.

REFERENCIAS

- [1] OACI, “Manual de Servicios Aeroportuarios Parte 1 – Salvamento y Extinción de Incendios”, Tercera Edición, Montreal, Canadá, 1990.
- [2] Flight Safety Foundation, “Reducing the risk of runways excursion”, Mayo 2009, EE.UU.
- [3] Boeing, “Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents-Worldwide Operations 1959-2012”, Seattle, Estados Unidos, 2013.
- [4] Coppa, M. y Maddonni, E. “Análisis y caracterización de aeropuertos emplazados en grandes urbes” Actas del IV Congreso de la RIDITA, La Plata, Argentina, 2013.
- [5] OACI, “Anexo 14 Vol. 1-Aeródromos”, Quinta Edición, Montreal, Canadá, 2009.

INDICADOR DEL NIVEL DE ACCESO AL TRANSPORTE AEROCOMERCIAL

Daniel Montero Ferreiro

Investigador Independiente

Maza 1195 4° "A" (1220), Capital Federal, Argentina

Email: dmonteroferreiro@gmail.com

RESUMEN:

El presente trabajo se centra en el estudio de la tarifa promedio en los principales mercados iberoamericanos, tanto para vuelos de cabotaje como en vuelos internacionales; contrastándolo con el salario mínimo de cada país y el Indicador de Desarrollo de Transporte Aerocomercial (IDTA).

De su ponderación y comparación se construye un indicador que determina el nivel de acceso al transporte aerocomercial por parte de la sociedad.

Así mismo, se traza una comparación de la tarifa en rutas monopólicas y en rutas donde concurren al menos dos líneas aéreas y se establecen análisis seriados con un modelo matemático que puede aplicarse a cualquier país que se desee.

Con la misma metodología de trabajo, se establecen análisis comparativos. Los datos se colectan del GDS Sabre, la OAG y el Banco Mundial.

En efecto, el objetivo del trabajo es contar con una nueva herramienta que permita evaluar el nivel de acceso de las personas al transporte aéreo, pero que apoyada en el IDTA también mida la eficacia y el desempeño de la política de transporte aerocomercial de un país.

El impacto que generan el grado de libertad para hacer negocios y la libertad de precios es comprobable mediante el uso de este indicador.

ABSTRACT:

This work focuses on the study of the average rate in major Latin American markets for both domestic flights and international flights, contrasting it with the minimum salary in each country and the indicator Commercial Air Transportation Development (IDTA). From their weighting and comparison builds an indicator that determines the level of access to commercial air transport by society.

Furthermore, a comparison is made of the rate on monopolistic routes and attended at least two airlines, and establishes serial analysis with a mathematical model that can be applied to any country you want.

Comparative analyzes are made using the same methodology. The data are collected from the Sabre GDS, the OAG and the World Bank.

Indeed, the aim of this work is to have a new tool to assess the level of access for people to air transport, but also supported by the IDTA measure the effectiveness and performance of commercial air transport policy of a country.

The impact caused the degree of freedom to do business and the prices freedom is verifiable by using this indicator.

Palabras Clave: Agenda For Freedom, IDTA, tarifa promedio, salario mínimo, transporte aerocomercial.

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

INTRODUCCION

Un Indicador para complementar el IDTA

Luego de dos años de estar compilando, midiendo y analizando el Indicador de Desarrollo de Transporte Aerocomercial, es oportuno abordar, además de las variables que lo componen, las tarifas aéreas que están disponibles en los diferentes mercados y contrastarlas con el ingreso mínimo real que cada sociedad dispone.

A pesar que existen otros indicadores económicos elegibles, es el bienestar social lo que se quiere buscar al establecer un salario mínimo, para que se logren remuneraciones justas y evitando así el empleo informal. [1]

En ese sentido, el nivel de acceso que tiene la población al transporte aéreo mediante sus ingresos no es garantía de su desarrollo, pero es un factor clave para su búsqueda, ya que existe una estrecha relación entre la evolución de la producción y la demanda de transporte aéreo.

En otros términos, los incrementos de los ingresos inducen una progresión cada vez mayor en los viajes aéreos. [2]

Debido a que los mercados presentan diferencias en relación al grado de apertura de los mismos y a cómo se comporta la oferta ante rutas con competencia y en rutas monopólicas, es menester elaborar un Indicador que permita conocer el nivel de acceso al transporte aerocomercial para que, contrastado con el IDTA, permita conocer la brecha que los Estados deben conocer y reducir para alcanzar el desarrollo de su transporte aéreo en ese aspecto.

Definición del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

Indicador que establece cuántos salarios mínimos se precisan para utilizar el avión como medio de transporte, para recorrer en servicios regulares una distancia de mil kilómetros, tomando el promedio de la tarifa por kilómetro ofrecida en rutas concurridas por al menos dos transportadores, con el de la tarifa por kilómetro ofrecida en rutas que opera un transportador solamente; tanto en vuelos nacionales como internacionales.

El nivel de acceso al Transporte Aerocomercial (INATA) también puede definirse como una herramienta que tienen los Estados para medir la competitividad de su oferta aérea respecto a las políticas aerocomerciales que los mismos aplican en materia de libertad para hacer negocios, uno de los tres ejes principales de la Agenda For Freedom de IATA. [3]

Selección de las variables

Con la misma perspectiva ya desarrollada para la construcción del IDTA, y con una idea actualizada del Poder Aéreo propuesto hace varias décadas por Guiraldes [4], parándome en la oferta y la capacidad disponible, y no en la demanda como podría ser la estadística RPK'S; se toma la tarifa promedio ofrecida por kilómetro y se genera una tarifa base válida para volar mil kilómetros. Para el propósito de este trabajo, se emplea como fuente de información al GDS Sabre, aplicando su tecnología Bargain Finder Plus. Para mitigar la varianza, se aplican correcciones utilizando la API Sky Scanner.

Como el PIB ya es una variable considerada para el IDTA, es necesario estudiar una variable que impacta en el ingreso de la población mundial: el salario mínimo fijado por cada Estado para los trabajadores. Así, a diferencia de otros indicadores, el abordaje del salario mínimo permite comparar en este artículo el acceso de la sociedad al uso del transporte aéreo como medio de transporte, en vez de emplearlo para la comparación en la compra de bienes.

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

Un salario mínimo establecido por ley aspira a garantizar un nivel mínimo decente de ingresos para todas las personas que trabajan. La mayoría de los países del mundo ha aprobado una legislación en ese sentido. [5]

Obtenida la base tarifaria y el salario mínimo, se calcula cuántas bases tarifarias pueden adquirirse con un salario mínimo. Así, en base ahora a un salario, se puede trazar comparaciones entre los Estados analizados.

También se traza una comparación con los resultados alcanzados en el Indicador de Desarrollo de Transporte Aerocomercial, lo que permite conocer la brecha que presenta respecto al indicador del nivel de acceso. En definitiva son indicadores que se complementan, porque en el nivel de acceso se contempla la situación tarifaria en los mercados y el ingreso mínimo recibido por la sociedad.

METODOLOGIA

Para atender la extensión de este trabajo, es abordada la tarifa aérea promedio por kilómetro ofrecida en clase turista y en vuelos round trip, considerando tanto rutas de cabotaje servidas por al menos dos empresas, como también por solo una. Del mismo modo, son consideradas también las rutas internacionales, para lo cual se seleccionan dos destinos, uno de alta demanda y atendido por más de una empresa y otro de baja demanda que no tiene vuelos non stop entre los Estados analizados.

Matriz de Datos

Se colectan los datos necesarios para realizar el cálculo, de fuentes confiables, utilizando la entrada nice, cheap and booking:

Tabla 1. Matriz de Datos para el cálculo del INATA

PAIS	ORIGEN	DESTINO	WNCB USD	KM RT	S. MIN. USD	IDTA
Argentina	BUE	COR	386	1296	620	0,36
Argentina	BUE	LUQ	670	1498	620	0,36
Argentina	BUE	MIA	1280	14210	620	0,36
Argentina	BUE	TYO	1961	36802	620	0,36
Brasil	SAO	RIO	212	716	339	0,45
Brasil	SAO	JDO	694	3960	339	0,45
Brasil	SAO	MIA	1246	13148	339	0,45
Brasil	SAO	TYO	1260	37132	339	0,45
Chile	SCL	CCP	282	882	424	0,55
Chile	SCL	ZOS	581	1654	424	0,55
Chile	SCL	MIA	1372	13336	424	0,55
Chile	SCL	TYO	2622	34544	424	0,55
Colombia	BOG	MDE	114	494	372	0,54
Colombia	BOG	PPN	403	742	372	0,54
Colombia	BOG	MIA	692	4890	372	0,54
Colombia	BOG	TYO	2471	28692	372	0,54
España	MAD	BCN	168	1010	1015	1,56
España	MAD	BJZ	211	656	1015	1,56
España	MAD	MIA	851	14196	1015	1,56
España	MAD	TYO	861	21554	1015	1,56
México	MEX	GDL	108	922	160	0,37
México	MEX	PDS	766	2084	160	0,37
México	MEX	MIA	619	4134	160	0,37
México	MEX	TYO	1108	22664	160	0,37

Fuente: GDS Sabre, con tecnología Bargain Finder Plus, Banco Mundial, Septiembre 2013.

Montero Ferreira – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial**Cálculo**

Para calcular el INATA es necesario crear un índice con las variables consideradas. Para ello se escogen los valores de cada país, contrastándolos con el salario mínimo aplicable en cada caso.

$$\text{Índice INATA} = \frac{\text{tarifa kilómetro ofrecida X distancia base 1.000 km (dbm)}}{\text{Salario mínimo}}$$

El INATA se calcula promediando tarifas en cuatro dimensiones:

- Tarifa cabotaje en ruta concurrida
- Tarifa cabotaje en ruta monopólica
- Tarifa internacional en ruta non stop y concurrida
- Tarifa internacional en ruta de escasa demanda

El INATA da una idea clara de acceso al mercado pero no obstante debe contrastarse con el IDTA, ya que un país puede arrojar buenos resultados del INATA pero que no garantiza el desarrollo de su transporte aéreo.

Para su contraste, se establece cuántas distancias base (dbm) puede adquirir un salario mínimo de cada país, en su país. Es decir:

- el cociente de 1 sobre el resultado del INATA.

De este modo, tenemos una base para poder comparar la performance del INATA sobre el desarrollo alcanzado en la actualidad y poder determinar cuál es la brecha que los Estados deben buscar reducir por razones que obedecen o no al nivel de acceso al transporte aéreo.

La brecha se calcula de la siguiente forma:

- Base 1 del IDTA sobre el resultado del producto del IDTA actual y las dbm.

Ejemplo de cálculo

El siguiente es un ejemplo de su cálculo tomando como referencia los valores de México, correspondientes al mes de Septiembre del año 2013:

$$\text{INATA tarifa cabotaje ruta concurrida} = \frac{\text{USD 0.12 X 1.000 Km}}{\text{USD 160}} = 0,73$$

$$\text{INATA tarifa cabotaje ruta monopólica} = \frac{\text{USD 0.37 X 1.000 Km}}{\text{USD 160}} = 2,30$$

$$\text{INATA tarifa internacional ruta concurrida} = \frac{\text{USD 0.15 X 1.000 Km}}{\text{USD 160}} = 0,94$$

$$\text{INATA tarifa internacional ruta no NS} = \frac{\text{USD 0.05 X 1.000 Km}}{\text{USD 160}} = 0,31$$

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

De la ponderación de los resultados (0,73; 2,30; 0,94 y 0,31) el INATA para México en Septiembre 2013 es de 1,07

Clasificación según el INATA

A los efectos de analizar los resultados obtenidos en el indicador, se agrupan los resultados de acuerdo a la siguiente clasificación que se propone:

- < 0,25 alto acceso de la población al transporte aéreo.
- < 0,50 moderado acceso de la población al transporte aéreo.
- < 0,75 relativo acceso de la población al transporte aéreo.
- > 0,75 bajo acceso de la población al transporte aéreo.

En consecuencia, México presenta un bajo acceso de la población al transporte aéreo.

Por otra parte, si calculamos cuantas distancias base (dbm) puede adquirirse en México percibiendo un salario mínimo: $1/1,07 = 0,93$. Es decir, 0,93 dbm por cada salario mínimo.

La brecha de México en este aspecto para alcanzar su desarrollo (IDTA) es:

$$1 / (0,37 \times 0,93) = 2,94 \text{ brecha desarrollo transporte aerocomercial (brecheta).}$$

Aquí, el resultado más próximo a cero será el que menor brecha presente su INATA respecto al IDTA, el que menos interfiera comparativamente para el desarrollo. Por otra parte, los países que arrojen valores negativos son los que mejores resultados comparados presentan de su INATA y en consecuencia favorecen en ese aspecto el desarrollo del transporte aéreo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis del INATA

Con la misma metodología, se calcula el indicador de otros países iberoamericanos, llegando a estos resultados comparativos volcados en la siguiente figura:

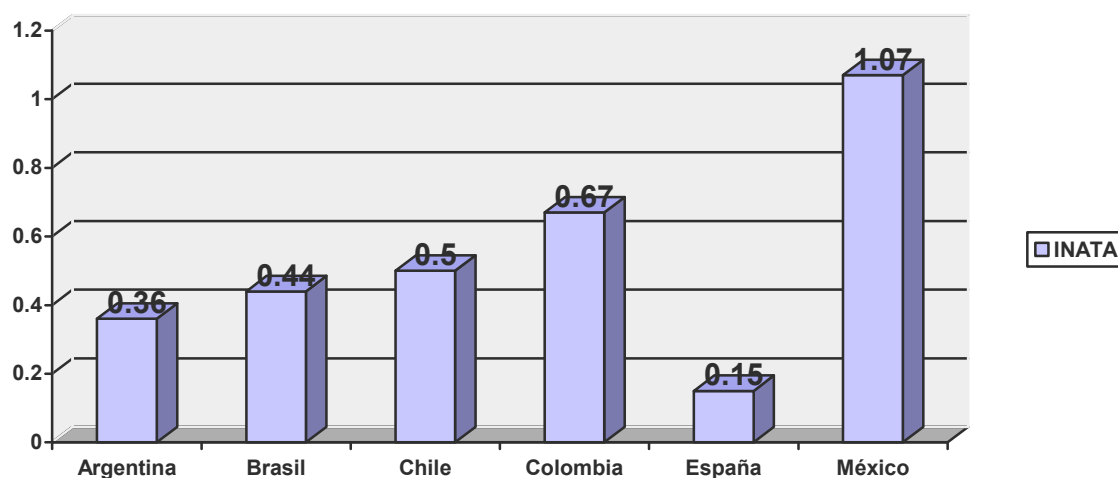


Figura 1. Resultados INATA. Elaboración propia, Septiembre 2013.

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

Siguiendo con el ejemplo del cálculo, México presenta el peor resultado de los países comparados. Si bien es cierto que posee el menor salario mínimo, este es un factor clave en la búsqueda de los “por qué” el desarrollo de su transporte aéreo es relativo. El IDTA lo ubica apenas por encima de Argentina, pero en peor situación que Chile, Colombia y Brasil; como lo muestra la siguiente figura:

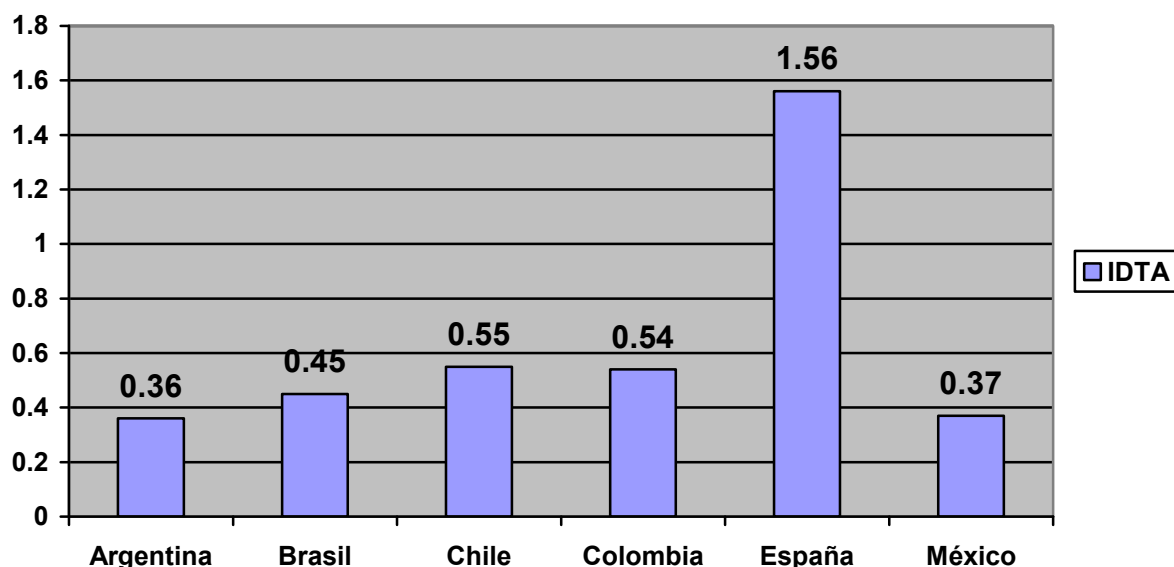


Figura 2. Resultados del IDTA. Elaboración propia, Septiembre 2013.

Respecto a los magros resultados de Argentina y México en el IDTA, es destacable la situación de mercado en México, que lo pone por encima, en términos comparativos, de la Argentina.

Mientras en México el salario mínimo en dólares es casi un cuarto del que se recibe en Argentina, el desarrollo de compañías low cost, permite a la población a acceder a sus rutas con tarifas más bajas por kilómetro volado respecto de la Argentina, como se puede apreciar en la siguiente figura:

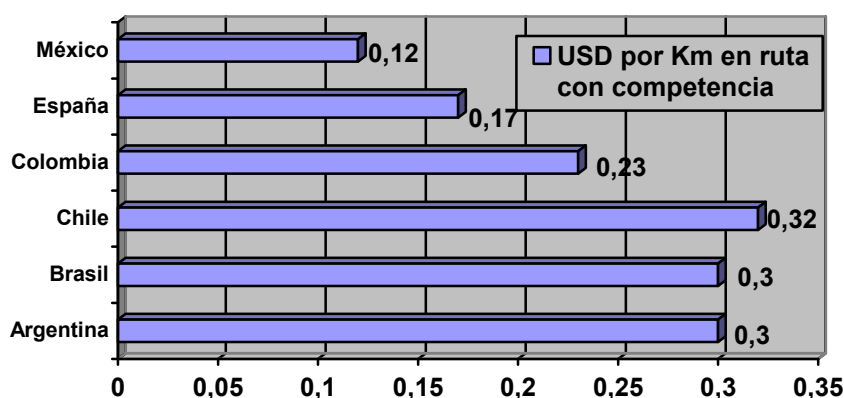


Figura 3. Precio final por km. volado en ruta de cabotaje con competencia. Elaboración propia. Sep, 2013.

Es tal la competencia en México, que la ubica al frente de España en esta comparación, que tiene un alto desarrollo de su transporte aéreo. La participación en el mercado doméstico de LCC como Volaris o Interjet, mantiene las tarifas relativamente bajas inclusive en rutas donde vuela un solo

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

operador, para disuadir cualquier intento de competencia, situación que se vislumbra en la figura a continuación:

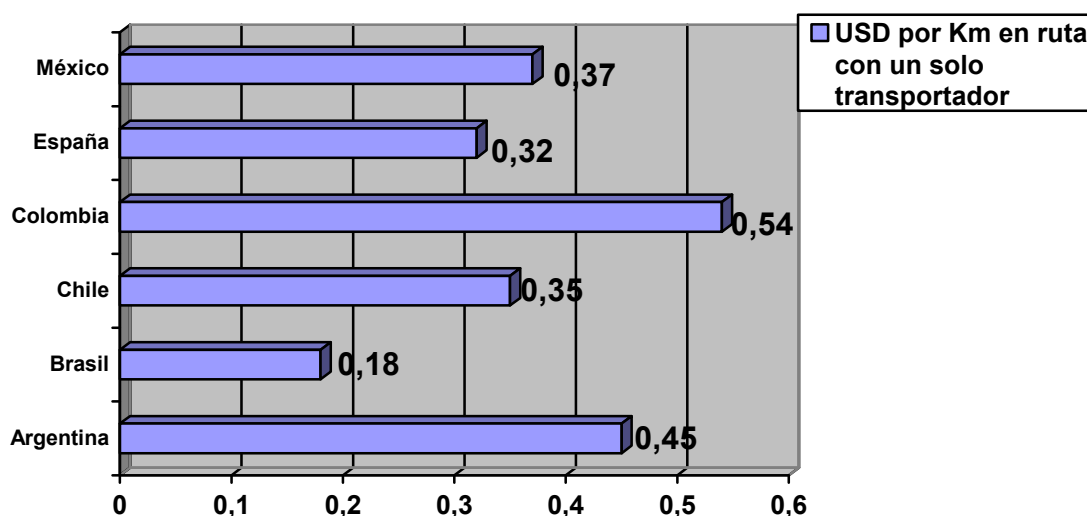


Figura 4. Precio final por km. volado en ruta de cabotaje sin competencia. Elaboración propia. Septiembre, 2013.

A septiembre del 2013, las aerolíneas LCC poseen el 59% de la capacidad ofrecida en el cabotaje mexicano [6], pero los precios presentan una diferencia de más del 200% en las rutas donde opera una sola aerolínea, mientras que en países como Colombia y España la diferencia es de alrededor del 100%. En Argentina el precio es 50% mayor en las rutas mono carrier, al tiempo que en Chile se percibe claramente que las tarifas son manejadas por LAN y en este caso casi no hay diferencias donde opera una sola aerolínea. Es más, en ese sentido, LAN procura comportarse en el mercado doméstico chileno como una LCC y ha duplicado la capacidad en el último lustro. En Brasil se da el fenómeno inverso pero, al igual que en México, las LCC como Azul mantienen los precios ajustados en nuevas rutas, sobre todo si se contrasta con la principal ruta aérea de Latinoamérica: SAO – RIO.

En materia de acceso al transporte aéreo, el índice INATA debe ser lo más cercano a cero y alejado del valor del índice IDTA. Pero como se observa en la siguiente figura, España presenta una situación ideal, mientras que México debiera invertir los extremos para poder imitarla:

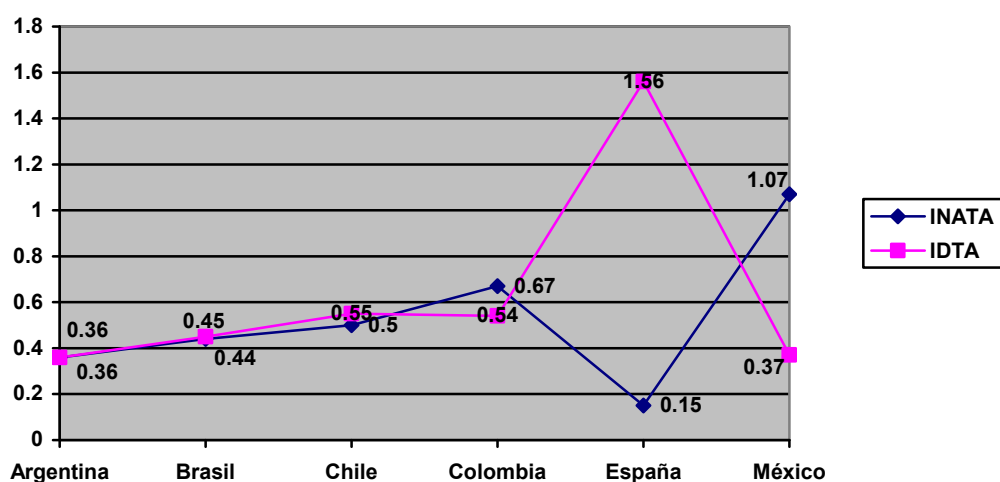


Figura 5. INATA e IDTA. Elaboración propia, Septiembre 2013.

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

El resto de los países sudamericanos mantienen un comportamiento más o menos similar de ambos índices.

La marcha del desarrollo comparado en los últimos tres años muestra a España haber recuperado en 2013 el terreno perdido en el año 2012, fundamentalmente por el aumento de su capacidad en vuelos internacionales en más de un 6%. También la caída en el PIB ha mejorado el resultado de este indicador, sobre todo si se tiene en cuenta que el arribo de turistas internacionales se ha mantenido al alza e incrementado la participación del turismo en el PIB español, que ya representa el 11% del mismo y estima un crecimiento del 7% para el año 2014. [7]

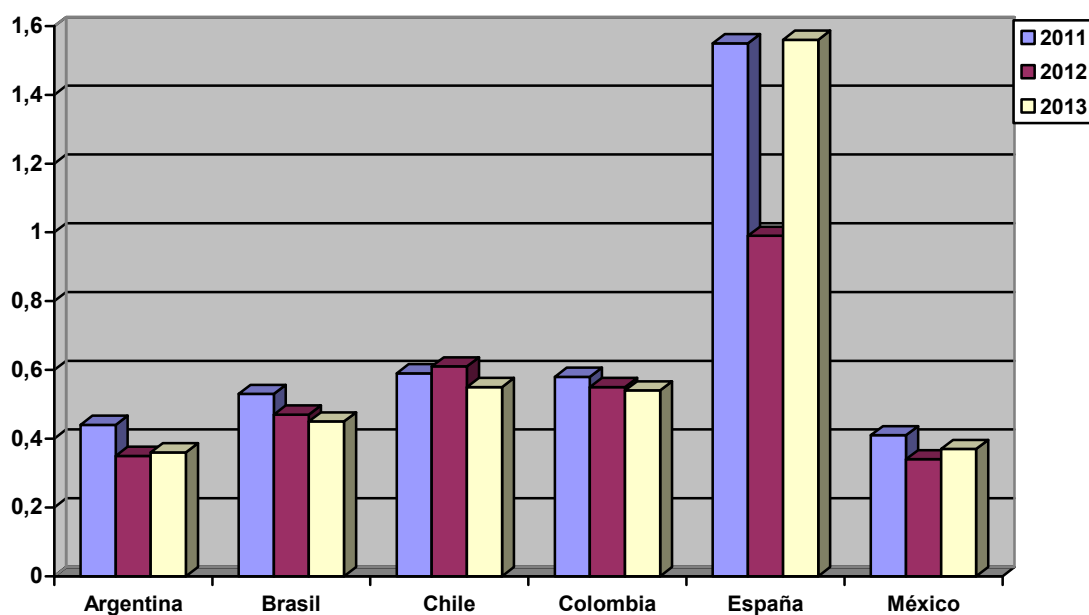


Figura 6. Serie estadística del IDTA. Elaboración propia, Septiembre 2013.

Luego de haber aumentado la capacidad española en el trienio 2009-2011 en más del 35%, en lo que va del 2013 la ha reducido en el orden del 5% y presenta un descenso similar al colombiano, que en 2012 introdujo a sus rutas domésticas compañías low cost, como Viva Colombia. En la comparativa de asientos ofrecidos al mes por cantidad de habitantes, solo Chile ha progresado respecto a los resultados obtenidos en el 2011:

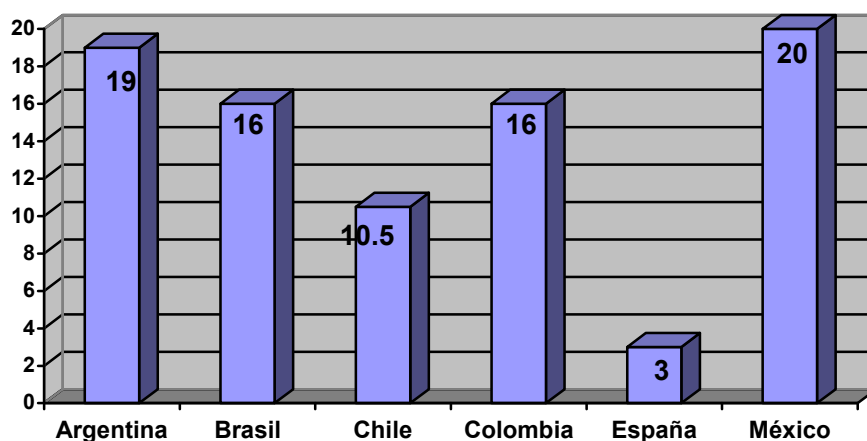


Figura 7. Habitantes por asiento/mes. Elaboración propia, Septiembre 2013.

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

El último trienio ha estado marcado por un escenario de crisis económica mundial y, en ese sentido, todos los países analizados presentan una caída en la cantidad de asientos ofrecidos al mes por cada un millón de dólares del PIB anual. Los que más lo han visto reducido en relación al 2011 fueron la Argentina y Chile, que perdieron un asiento y medio cada uno, seguidos por Brasil y Colombia, que han perdido un asiento. España y México solo han perdido medio asiento en lo que va del 2013, comparado con el 2011.

En Argentina la caída es significativa, porque estamos atravesando un año que será récord de pasajeros en los aeropuertos argentinos y, a pesar de ello, no logra avanzar en el desarrollo comparado de la región. En ese sentido, el avance del PIB en la Argentina habría permitido que nuevos transportadores ingresaran al mercado, como lo evidencia la Figura 8.

Desde que el Estado argentino le dio carácter estratégico al turismo, se ausentó por completo a la hora de acompañar, mediante una política interdependiente, con el desarrollo de la capacidad del transporte aéreo argentino: sin fijar audiencias públicas desde el 2005 para que ingresen nuevas empresas argentinas al mercado y rechazando nuevas inversiones de empresas privadas que ya operan, o bien, rechazando también solicitudes de vuelos regulares a empresas extranjeras en ciudades del interior del país. [8]

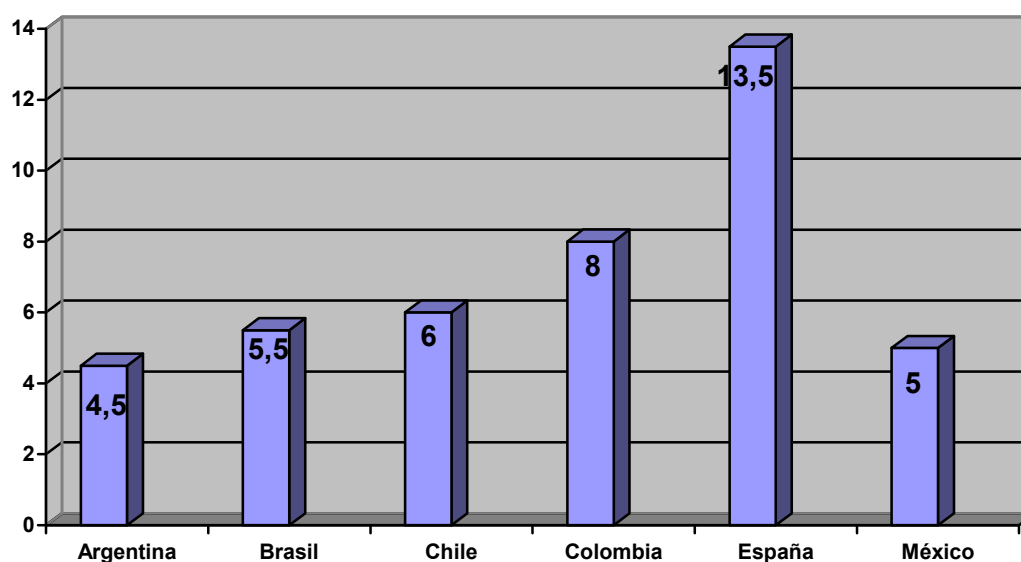


Figura 8. Asientos ofrecidos/mes por 1 Mill. USD de PIB anual. Elaboración propia, Septiembre 2013.

Por último, en este análisis vamos a ocuparnos de la brecha del desarrollo del transporte aerocomercial. Aquí, los resultados del INATA desnudan otras realidades que presenta el transporte aéreo en cada país.

Mientras en Argentina el INATA arroja el mejor resultado comparado con países latinoamericanos, es cuando se lo compara con el IDTA que se advierte la brecha que se tiene para alcanzar su desarrollo.

Siguiendo el caso argentino, su problema no está en el ingreso de su población ni en tarifas desmedidas por parte de las empresas; sino en la confianza que los gobiernos deben dar, desarrollando reglas de juego claras, con políticas orientadas al crecimiento. El objetivo debe ser un crecimiento armonioso del transporte al compás de la evolución del PIB. Sin embargo, se estima que dejan de volar al año alrededor de tres millones de personas. [8]

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

Definitivamente, por las características que presenta Argentina, estimo que podría tener hasta cuatro empresas grandes compitiendo en rutas de alta densidad, y en la mayoría de las rutas que hoy se operan en monopolio, existe lugar para una o dos empresas más, según la ruta. Estimo que también podría tener una docena de aerolíneas de tercer nivel que alimenten las redes de las principales y lleven el transporte aéreo a toda su geografía.

Argentina presenta muy buenas tarifas en el transporte aéreo internacional y la existencia de transportadores de medio oriente contribuye a ello. Al respecto, Enrique Cueto, CEO de LATAM, recientemente en una entrevista dijo que ningún país necesita hoy una aerolínea de bandera, lo que se necesita es buena conectividad. Si hay suficiente tráfico para un vuelo directo, ese vuelo se va a producir con una línea de bandera o con un tercero si le dan los derechos de tráfico. Hay que ayudar a que haya una apertura importante que permita la mayor cantidad de líneas aéreas operando y bajen lo más posible los precios de los pasajes. La limitación lo único que hace es que tengan pasajes más caros. [9]

Brasil tiene cuentas pendientes en materia de infraestructura para su desarrollo, a las que paulatinamente está llevando adelante luego de la declaración de principios de Lula Da Silva donde, al referirse a la misma, dijo que deben atenderse no solo los intereses de los que viven en las capitales, sino también, de todas las ciudades medias de Brasil. [8]

La brecha se exhibe en la siguiente figura:

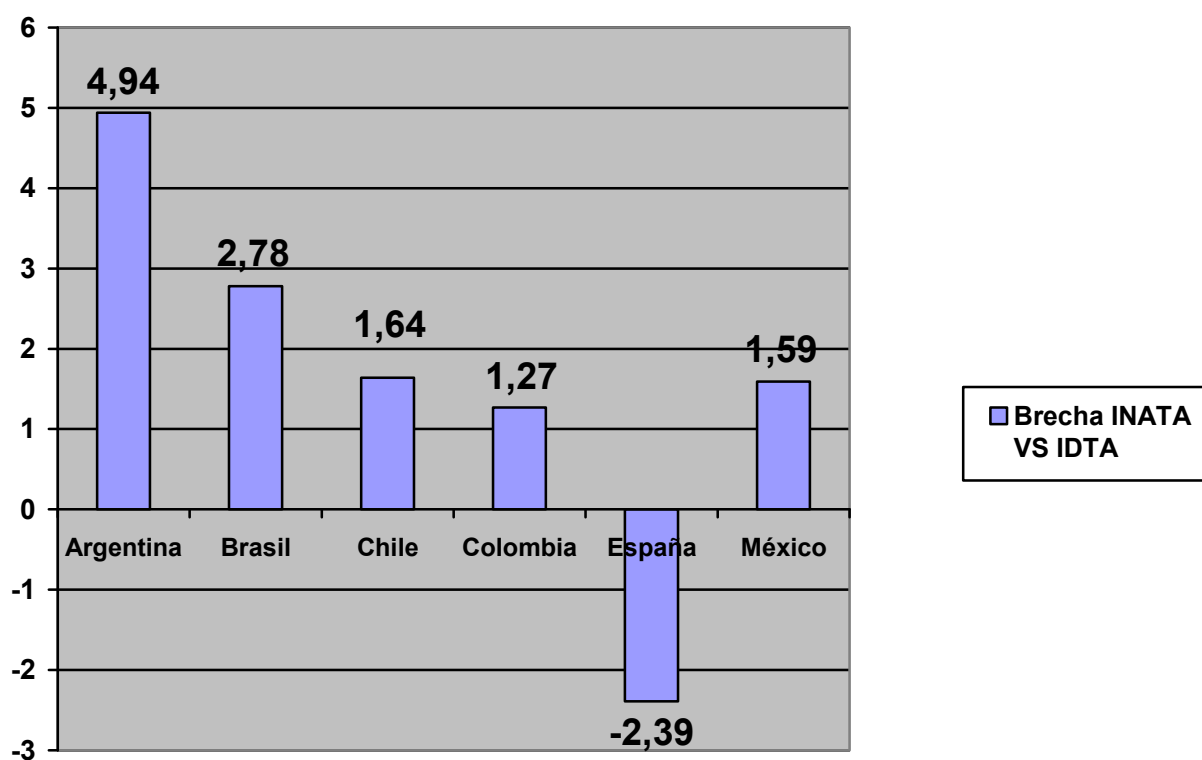


Figura 9. Brecha desarrollo transporte Aerocomercial (Bredeta). Elaboración propia, Septiembre 2013.

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial**CONCLUSIONES**

El INATA es una herramienta objetiva para cualquier gobierno que quiere comparar la situación tarifaria en su país con el ingreso mínimo del que dispone la sociedad. Es una forma de mensurar la libertad para hacer negocio de la que disponen las empresas. Se trata de un indicador de absoluta utilidad pública.

Los resultados del INATA que representan un alto acceso de la población al transporte aéreo, son clave para alcanzar el desarrollo de este tipo de transporte.

Es un buen complemento del IDTA y analizando la brecha entre ambos indicadores se reconoce que aquellos países que orientan su política aérea a la Agenda for Freedom propuesta por la IATA, presentan un nivel de desarrollo superior respecto de los países que limitan el acceso al mercado.

Ejemplo de esto es que en los países donde operan aerolíneas low cost se evidencian tarifas por kilómetro más baratas que en aquellos países donde no proliferaron.

Por otra parte, siempre la tarifa por kilómetro en rutas monopólicas es mayor que en rutas donde hay al menos dos empresas que compiten, pero existe una clara tendencia a que la diferencia sea menor en países donde operan compañías low cost.

En ese sentido la Argentina no es la excepción, aún en aras de la conectividad de la que se jactan sus gobernantes, ya que queda demostrado a través de la serie de estadísticas, la falla sistemática de su política aérea.

A su vez, en los diferentes mercados analizados, en aquellos donde operan aerolíneas de medio oriente como Emirates, Etihad, etc., se obtienen mejores precios por kilómetro en rutas internacionales.

Este indicador, junto al IDTA, es un instrumento para promover el debate sobre la regulación jurídica y política vigente para esta actividad económica, que podría tomar mayor impulso si la OACI o la CLAC institucionalizaran este tipo de estudios para que los indicadores estén disponibles todos los meses.

REFERENCIAS

- [1] Rojas L., “La historia detrás del salario mínimo”, Visión de Valores SA, Bogotá, Colombia, 2009.
- [2] Benítez Rochel J.”Factores determinantes de la demanda de transporte aéreo y modelos de previsión“, Boletín Económico de Ice, Nro 2652, Mayo 2000, pp. 41-48.
- [3] Entrevistas-EU Consulting Inc., “Impact of International Air Service Liberalisation on Chile”, Agenda For Freedom, Entrevistas, Londres, Inglaterra, 2009.
- [4] Guiraldes J. J., “El poder aéreo de los argentinos”, Círculo de la Fuerza Aérea, Buenos Aires, 1979.
- [5]) Larrain F., Sachs J., “Macroeconomía en la economía global”, Pearson Education SA, Buenos Aires, Argentina, 2002.
- [6] OAG, “Frequency and capacity trend statistics”, Londres, Inglaterra, 2013.
- [7] Instituto de Estudios Turísticos, “Balance del Turismo año 2012”, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Madrid, España, 2013.

Montero Ferreiro – Indicador del Nivel de Acceso al Transporte Aerocomercial

[8] Montero Ferreiro D., “Indicador de desarrollo del transporte aerocomercial”, Actas del III Congreso de la RIDITA, Madrid, España, 2011, pp 391-402.

[9] Ferreira D., “Ningún país necesita línea de bandera, Entrevista Diario El País, Montevideo, Uruguay, 2013. Link: <http://www.elpais.com.uy/el-empresario/enrique-cueto-latam-linea-bandera.html>

LA RED AEROPORTUARIA Y LA ORGANIZACION SANITARIA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Morinaga C^a, Ledesma R^a, Pesarini A^a, Giambelluca Claudio^a, Matias Coppa^b, Cristian Batallas^b

^aDirección Provincial de Aeronavegación Oficial y Planificación Aeroportuaria,
Secretaría General Provincia de Buenos Aires, Argentina.

^bGrupo de Transporte Aéreo GTA - Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
ajpesarini@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo analiza el impacto de la infraestructura aeroportuaria de la provincia de Buenos Aires en la organización sanitaria de la Provincia de Buenos Aires, se desarrolla desde la introducción a la asistencia del accidentado describiendo las premisas fundamentales del tratamiento, pasando luego por la descripción de las regiones sanitarias y la formulación de las hipótesis para el análisis de la red.

La Provincia de Buenos Aires, en materia de transporte ha definido una red de aeródromos y helipuertos que la dota en toda su extensión de infraestructura aeroportuaria en condiciones de vincular a los distintos municipios entre sí, y a estos, con la capital provincial y la ciudad de Buenos Aires.

Sobre las base de las hipótesis planteadas y utilizando el tiempo total de respuesta -tiempo de viaje al punto crítico de la región más el tiempo desde este punto al hospital- como parámetro de evaluación, se abordan tres casos de estudio: el primero, considera que los municipios más críticos afectados por la distancia son atendidos por otra región, en el segundo a través de la formulación de nuevas estrategias de la flota de aeronaves, y el ultimo en la incorporación o adecuación de hospitales en zonas críticas con alta complejidad.

This paper analyzes the impact of airport infrastructure, in the province of Buenos Aires, on the health organization of the Province of Buenos Aires, it is developed from the introduction to the assistance of the victim describing the basic principles of treatment, proceeding after to the description of health regions and the formulation of hypotheses for network analysis .

The Province of Buenos Aires, on transport has defined a network of airfields and heliports that gives full extent of airport infrastructure able to link together the different municipalities, and these, with the provincial capital and the city of Buenos Aires.

On the basis of the hypotheses and using the total response time - travel time to the critical point of the region plus the time from this point to the hospital as a parameter of evaluation addresses three case studies : the first considers most critical municipalities affected by the distance are served by a different region, the second one through the development of new strategies for the aircraft fleet, and the last in the incorporation or adequacy of hospitals with high complexity in critical areas.

Palabras clave: Aeródromo, Red, Sistema, competencia.

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

INTRODUCCIÓN

La Provincia de Buenos Aires es una de las veintitrés provincias de la República Argentina, en materia de transporte ha definido una red de aeródromos y helipuertos, **Figura 1**, que la dota en toda su extensión de infraestructura aeroportuaria en condiciones de vincular a los distintos municipios entre sí, y a estos, con la capital provincial y la ciudad de Buenos Aires.

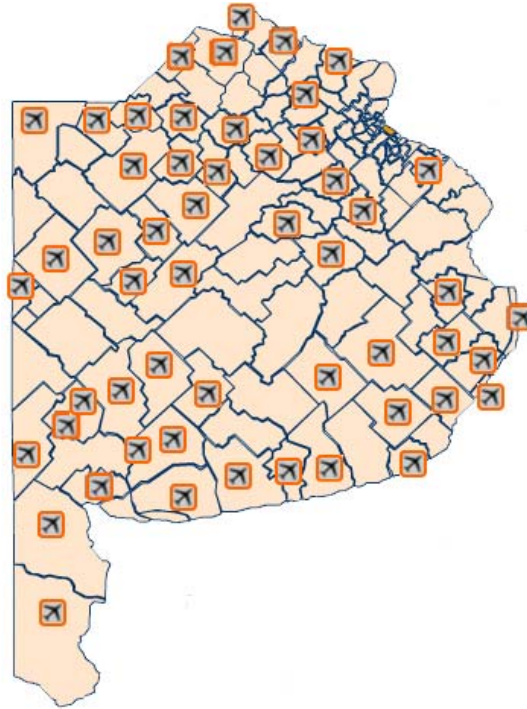


Figura 1. Red de campos de vuelo y helipuertos de la provincia de Bs. As.[1]

El diseño de una óptima red aeroportuaria posee un gran impacto en todos los aspectos del desarrollo de la provincia. Uno de ellos es el sanitario, la combinación de una adecuada infraestructura aeroportuaria y una eficaz organización sanitaria permite la asistencia en cualquier punto de la provincia respecto a cuestiones como la atención inmediata del accidentado, el traslado de pacientes, drogas, y órganos.

Se detalla a continuación los vuelos y acciones realizadas por la Dirección Provincial de Aeronavegación Oficial de la Provincia de Buenos Aires de carácter sanitario:

- Transporte de alimentos, vacunas, sueros antiarácnicos, antiofidicos, antídotos de sustancias tóxicas y medicamentos a zonas de desastre.
- Relevamiento de zonas en emergencias. Inundaciones desastres naturales.
- Evacuación de damnificados.
- Traslado de pacientes críticos.
- Traslado de órganos para transplantes.
- Traslado de equipos médicos.
- SAR en agua y tierra.
- Traslado de fuerzas de seguridad.

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

Regiones sanitarias

La Provincia de Buenos Aires, compuesta por 135 Municipios, está dividida en doce (12) regiones sanitarias (**Figura2**), en la cual funcionan aproximadamente dos mil noventa y dos (2092) centros de salud. Todas ellas poseen uno o más hospitales de alta complejidad. Se muestra a continuación las 12 regiones sanitarias de la provincia.

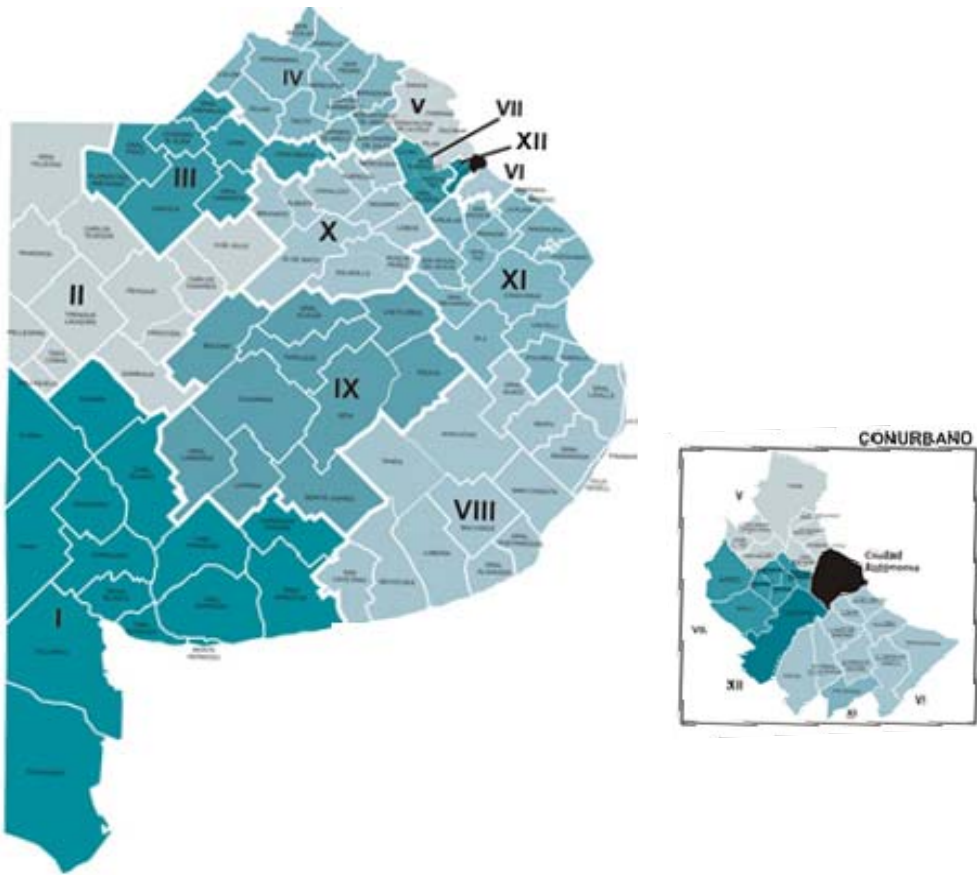


Figura 2. Regiones sanitarias de la Provincia de Buenos Aires [2]

En la **Tabla 1** se presentan los hospitales de referencia para cada región sanitaria

Tabla 1. Clasificación Hospitalaria de referencia

Región sanitaria	Hospital de referencia
I	Hospital Interzonal General de Agudos “Dr. José Penna”, Bahía Blanca
II	Hospital Zonal General de Agudos “Julio de Vedia”, Nueve de Julio
III	Hospital Interzonal General de Agudos “Abraham Piñeyro”, Junín
IV	Hospital Local General “Nuestra Señora del Carmen”, Carmen de Areco Hospital Interzonal Gral. de Agudos “San José”, Pergamino Hospital Interzonal General de Agudos “San Felipe”, San Nicolás
V	Hospital Zonal General de Agudos “Dr. Enrique Erill”, Escobar

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

	<p>Hospital Interzonal General de Agudos “Eva Perón”, General San Martín</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “General Manuel Belgrano”, General San Martín</p> <p>Hospital Zonal de Agudos “Gdor. Domingo Mercante”, José C. Paz</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Petrona V. de Cordero”, San Fernando</p> <p>Hospital Zonal Gral. de Agudos “Magdalena Villegas de Martínez”, Tigre</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos Descentralizado “Virgen del Carmen”, Zárate</p>
VI	<p>Hospital Zonal General de Agudos “Dr. Lucio Meléndez”, Almirante Brown</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Dr. Arturo Oñativia”, Almirante Brown</p> <p>Hospital Interzonal General de Agudos “Dr. Pedro Fiorito”, Avellaneda</p> <p>Hospital Interzonal General de Agudos “Presidente Perón”, Avellaneda</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Dr. Alberto Eurnekian”, Ezeiza</p> <p>Alta Complejidad Hospital “El Cruce”, Florencio Varela</p> <p>Hospital Interzonal General de Agudos “Evita”, Lanús</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Dr. Narciso López”, Lanús</p> <p>Hospital Local General de Agudos “Dr. Arturo Melo”, Lanús</p> <p>Hospital Interzonal General de Agudos “Luisa C. Gandulfo”, Lomas de Zamora</p> <p>UPA 24- 1 Unidad de Pronta Atención Lomas de Zamora</p> <p>UPA 24- 2 Unidad de Pronta Atención Wilde. Avellaneda</p> <p>UPA 24- 3 Unidad de Pronta Atención Lanús Oeste</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Dr. Isidoro Iriarte”, Quilmes</p>
VII	<p>Hospital Interzonal General de Agudos “V. López y Planes”, General Rodríguez</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Héroes de Malvinas”, Merlo</p> <p>Hospital Descentralizado Zonal “General Mariano y Luciano de la Vega”, Moreno</p> <p>Hospital Interzonal Gral. de Agudos “Prof. “Dr. Luis Güemes”, Morón</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Dr. R. Carrillo”, Tres de Febrero</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Dr. C.A. Bocalandro”, Tres de Febrero</p>
VIII	<p>Hospital Interzonal Especializado Materno Infantil “Don Victorio Tetamanti”, General Pueyrredón</p> <p>Hospital Interzonal General de Agudos “Dr. O. Alende”, General Pueyrredón</p> <p>Hospital Local “Casa del Niño”, General Pueyrredón</p>
IX	<p>Hospital Zonal Especializado Materno Infantil “Argentina Diego”, Azul</p> <p>Hospital Zonal General de Las Flores, Las Flores</p>
X	<p>Hospital Zonal General de Agudos de Lobos, Lobos</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Blas Dubarry”, Mercedes</p> <p>Hospital Zonal General “Dr. Posadas”, Saladillo</p>
XI	<p>Hospital Subzonal Especializado “Dr. Dardo Rocha”, Cañuelas</p> <p>Hospital Interzonal de Agudos Esp. en Pediatría “Sor María Ludovica”, La Plata</p> <p>Hospital Interzonal General de Agudos “General San Martín”, La Plata</p> <p>Hospital Interzonal General de Agudos Prof. “Dr. Rodolfo Rossi”, La Plata</p> <p>Hospital Interzonal Especializado de Agudos y Crónicos “San Juan de Dios”, La Plata</p> <p>Hospital Interzonal de Agudos y Crónicos “Dr. Alejandro Korn”, La Plata</p> <p>Hospital “Zenón Videla Dorna”, Monte</p> <p>Hospital Zonal General de Agudos “Dra. Cecilia Grierson”, Guernica - Presidente Perón</p>
XII	<p>Hospital Zonal General de Agudos González Catán Km.32 “Simplemente Evita”, La Matanza</p> <p>Hospital Interzonal General de Agudos Dr. Paroissien, La Matanza</p> <p>UPA 24- 4 Unidad de Pronta Atención La Matanza</p>

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

Se presenta en la **Tabla 2** las clasificaciones más utilizadas para agrupar los hospitales mencionados:

Tabla 2. Clasificación Hospitalaria de referencia

Por especialidad	
General	Se encuentra en condiciones de recibir pacientes con riesgo de sufrir diversos tipos de patología.
Especializado	Solo está en condiciones de recibir pacientes con riesgo de sufrir un tipo determinado de patología
Por alcance del tratamiento	
Agudos	Es aquel destinado al diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades de comienzo brusco y/o evolución breve.
Crónicos	Es aquel destinado al diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades de comienzo tórpido y/o tratamiento prolongado.
Por capacidad de camas de equipamiento y área de influencia	
Interzonal	Es aquel con una capacidad de más de 300 camas con un perfil de equipamiento que le permita cumplir cualquier acción de atención médica . Su área de influencia sobrepasará al de una zona o región sanitaria, pudiendo llegar, en ciertos casos, a ser de influencia Provincial.
zonal	Es aquel con una capacidad de 150 a 299 camas con un perfil de equipamiento que le permita cubrir las funciones de Pediatría - Obstetricia - Ginecología - Clínica Médica - Clínica Quirúrgica - además de las especialidades que de ellas derivan. Su área de influencia estará determinada por la población de la zona o región sanitaria correspondiente.
Subzonal	Es aquel con una capacidad de 50 a 149 camas con un perfil de equipamiento básico para cubrir con eficacia las funciones de Pediatría - Obstetricia - Ginecología - Clínica Médica - Clínica Quirúrgica . Su área de influencia estará determinada por la conjunción de uno o varios partidos entre (10.000) y (30.000 habitantes).
Local	Es aquel con una capacidad de 30 a 49 camas disponibles con un perfil de equipamiento básico para cubrir con eficacia las funciones esenciales de Pediatría-Obstetricia Ginecología- Clínica Médica- Clínica Quirúrgica . El área de influencia, será el ámbito de un partido.

Aeródromos de referencia en las regiones sanitarias

La provincia de Buenos Aires cuenta con numerosos campos de vuelo de distintas características y por ende capacidades. Cada Hospital de referencia tiene asignados distintos aeródromos como posibles puntos de origen y destino.

Tabla 3. Aeródromo de referencias por región sanitaria

Región sanitaria	Aeropuerto/Aeródromo
I	Comandante Espora , Punta alta, Tres Arroyos, Carmen de Patagones, Pedro Luro, Puan, Saavedra, Pigue, Coronel Suárez, Pringles, Tornquist
II	9 de julio, Carlos Casares , Henderson, Daireaux, Pehuajo, Trenque Lauquen, Pellegrini, Gral. Villegas
III	Gral. Viamonte, Lincoln, Gral. Pinto, L.N. Alem, Chacabuco

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

IV	San Antonio de Areco, Pergamino, Colon, San Nicolás, San Pedro
V	Zarate, San Fernando Helipuertos
VI	Helipuertos
VII	Sin Cobertura
VIII	Santa Teresita, Gral. Madariaga, Villa Gesell, Maipú, Ayacucho, Tandil, Balcarce, Coronel Vidal, Necochea, San Cayetano, Miramar
IX	Las Flores, Bolívar, Olavarria, Benito Juarez
X	Mercedes, Lobos, Saladillo, Chivilcoy, Bragado
XI	La Plata, San Miguel del Monte, Dolores, Chascomús, Punta Indio, Helipuertos
XII	Matanza Helipuertos

Flota operativa

Para la ejecución de las acciones necesarias para el cumplimiento de las competencias asignadas en vuelos sanitarios, se detalla a continuación la flota actual operativa la Dirección Provincial de Aeronavegación Oficial de la Provincia de Buenos Aires:

- Helicóptero Eurocopter modelo EC 145
- Helicóptero Eurocopter modelo BO-105 CBS
- Beechcraft King Air B-200
- Cessna C-550 - Citation II
- Cessna C-208 - Grand Caravan



Figura 3. Eurocopter modelo EC 145.

Caracterización de patologías de traslado aéreo

Según la patología que se debe asistir el tratamiento es distinto, es así que, los pacientes con politrauma se derivan a centros de mayor complejidad debido a las lesiones múltiples que reciben en accidentes y las que deben ser abordadas por equipos multidisciplinarios. Los pacientes prematuros deben ser atendidos en terapias intensivas con soporte vital permanente, los cuales se encuentran en los hospitales interzonales en su mayoría.

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

Analizando las estadísticas de las patologías transportadas durante el periodo 2007 a 2013, [1] se encontró que el 31,5% se corresponden a politraumas, 14 % a prematuros, 14% a cardiopatías congénitas, 8,5% a afecciones respiratorias, y un 6,5% a quemados, esto totaliza casi el 80% de la muestra analizada. Las estadísticas disponibles en la Dirección Provincial [3] referentes a las patologías trasladadas se presenta en el siguiente gráfico:

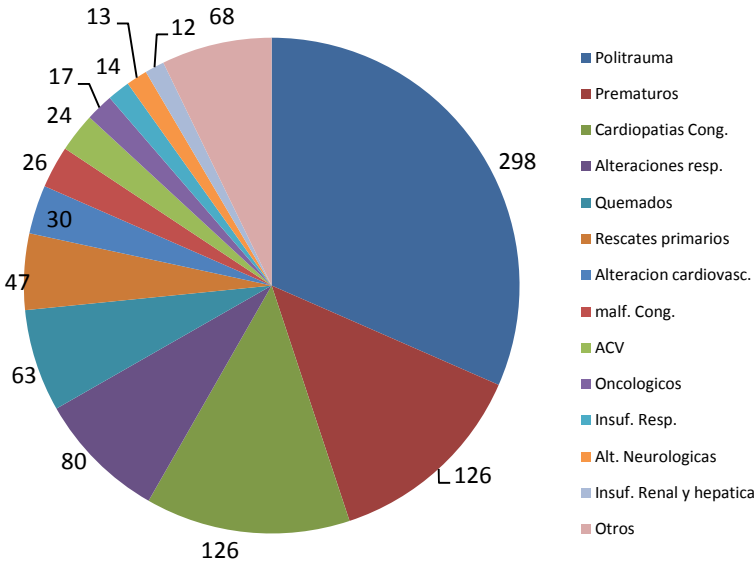


Figura 4. Estadísticas referentes a las patologías trasladadas vía aérea, 2007-2013

Se muestra a continuación un detalle de los 68 casos referidos como “otros”:

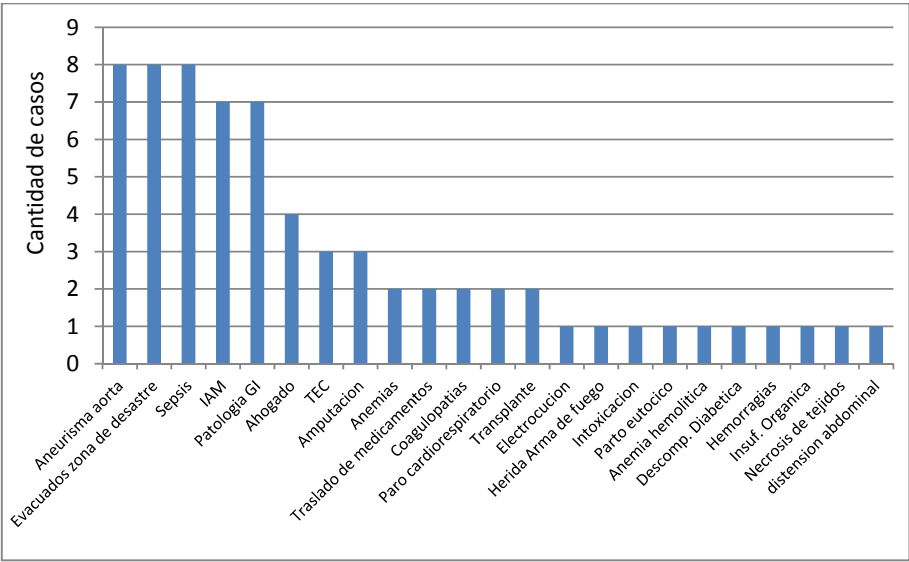


Figura 5. Estadísticas referentes a las patologías trasladadas vía aérea, 2007-2013

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

Asistencia primaria al accidentado - premisas

Se pueden reconocer tres fases en un accidente: la Previa al trauma, que solo es de carácter preventiva, pudiendo actuar solo sobre las causas probables identificadas, recordemos que accidente “es un hecho que sucede por azar o causas desconocidas”, o bien “un hecho desafortunado por falta de atención, despreocupación o ignorancia”. Luego la etapa correspondiente al Episodio propiamente dicho, que es el momento en que se produce el trauma, fase que no puede modificar, salvo si resultan las medidas preventivas aplicadas en la fase anterior.

Por último la etapa Posterior al episodio donde se observa que un número determinado de pacientes, mueren al momento del trauma sin posibilidades de modificar esta situación; a la hora existe otro grupo que sobrevivió al trauma y puede fallecer si no se administra una adecuada atención pre hospitalaria, y en última instancia, luego de los 7 días posteriores, también se encuentra un grupo de pacientes que fallecen por fallas multiorgánicas relacionadas con el accidente. De esta manera se explica un comportamiento tri-modal de muerte luego del trauma.

En este sentido la asociación “National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT)” [4] y el colegio “American College of Surgeons (ACS)” de E.E.U.U, han llegado a la conclusión que la atención prehospitalaria, adecuada del paciente politraumatizado, supera la sobrevivencia de cualquier otro paciente ingresado en el hospital por otras enfermedades, con el consiguiente beneficio para este paciente y la disminución de gastos médicos.

METODOLOGÍA

La presente metodología se divide en dos partes. La primera tiene como objetivo evidenciar cual es la situación actual de la red de aeródromos y hospitales de la provincia, y cómo esta se asocia con los tiempos máximos de asistencia primaria. El análisis se realiza considerando las siguientes hipótesis:

1. Un paciente politraumatizado que recibe una atención hospitalaria dentro de la hora de sufrir el accidente, mejora la probabilidad de sobrevivencia y por lo tanto los recursos de respuesta para el accidentado deben estar distribuidos de manera tal que sea efectivo este tiempo de respuesta.
2. Se consideran como posible base de operación de la red todos los aeródromos de referencia indicados previamente en la Tabla 3.
3. Tomando el aeródromo como la base de operación de los helicópteros que integran la red, se determina un radio de alcance desde el mismo, que es función de:
 - El tiempo definido como mínimo para la atención hospitalaria del paciente, que es de una hora a partir del instante en que ocurre el accidente.
 - Cada hospital posee un helipuerto.
 - El tiempo de preparación tanto técnica como operativa de los equipos y del personal, considerado de veinte (20) minutos, a partir de que se da el llamado de emergencia.
 - La velocidad crucero del helicóptero EC145, definida como 246 Km/h (132 Kts ~ 4 Km/min). [5]

A partir de lo anterior se define un radio de alcance R:

$$T = 60 \text{ min} - 20 \text{ min} = 40 \text{ min}$$

$$D = 40 \text{ min} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \frac{\text{Km}}{\text{min}} = 80 \text{ Km}$$

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

La segunda parte de la metodología busca definir los aeródromos que conforman la red y el alcance de la asistencia primaria en función del un número de 5 helicópteros, buscando la optimización de tiempos y recursos, bajo las siguientes hipótesis:

1. El tiempo de asistencia primaria no debería superar los noventa (90) minutos (tiempo mayor al máximo aconsejado de sesenta (60) minutos).
2. Se consideran como posible base de operación de la red todos los aeródromos de referencia indicados previamente en la Tabla 3.
3. Cada hospital posee un helipuerto.
4. Tomando el aeródromo como la base de operación de los helicópteros que integran la red, se determina una distancia máxima de vuelo desde el mismo, que es función de:
 - El tiempo de asistencia primaria de 90 minutos.
 - El tiempo de preparación tanto técnica como operativa de los equipos y del personal, considerado de veinte (20) minutos, a partir de que se da el llamado de emergencia.
 - La velocidad crucero del helicóptero, definida como 246 Km/h (132 Kts ~ 4 Km/min).

A partir de lo anterior se define una distancia máxima de vuelo:

$$T = 90 \text{ min} - 20 \text{ min} = 70 \text{ min}$$
$$D = 70 \text{ min} \cdot 4 \frac{\text{Km}}{\text{min}} = 280 \text{ Km}$$

RESULTADOS

Se localizan los aeródromos en un mapa de la provincia de Buenos Aires. Se localizan también algunos de los hospitales que fueron indicados en la Tabla 1, en particular para la zona de Gran Buenos Aires, donde se encuentran las regiones sanitarias; V, VI, VII, XI y XII, se muestran a modo representativo algunos de los hospitales, y no todos, dada la gran cantidad existente.

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

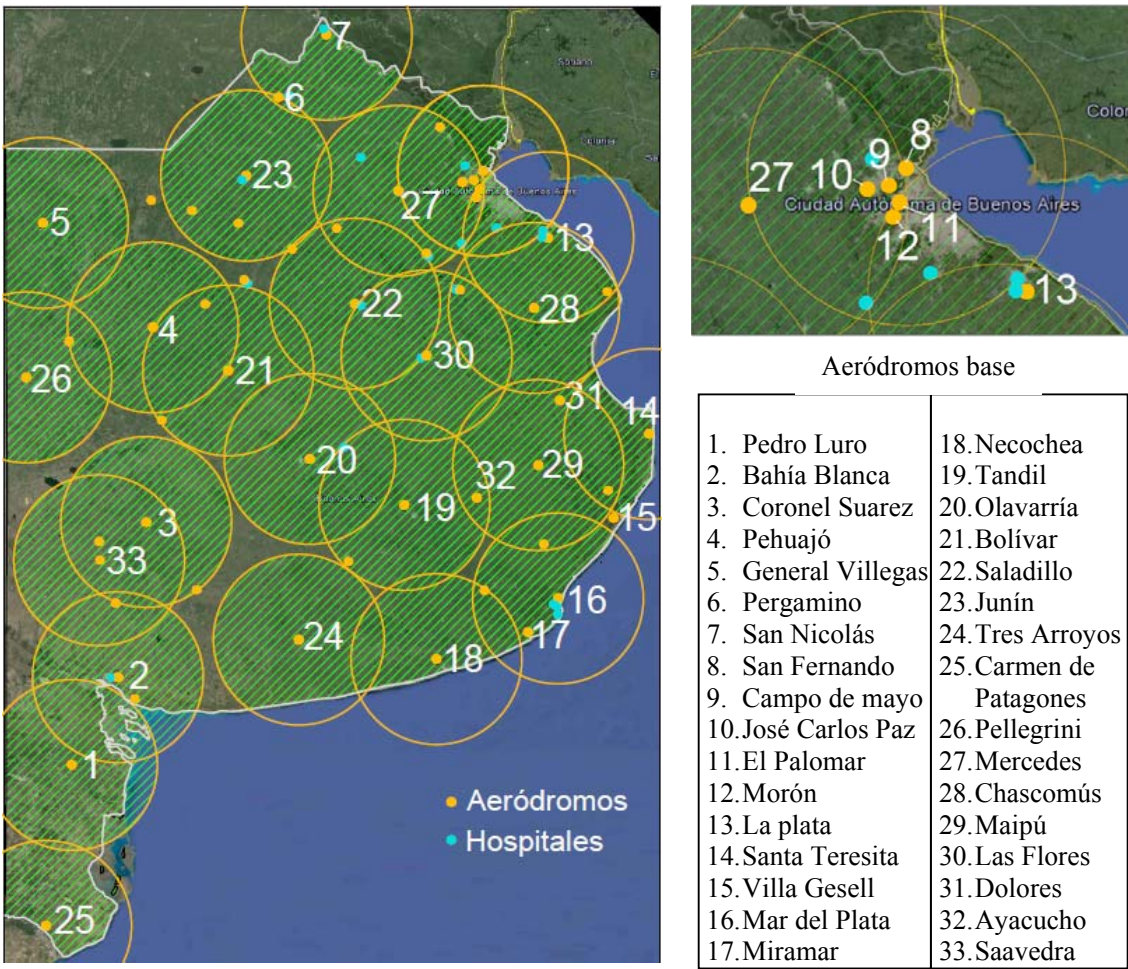


Figura 4. Radio de acción de acuerdo a los Aeródromos y hospitales, Escenario actual propuesto

En la Figura anterior se muestran los aeródromos y sus radios de alcance, con los que se logra la mayor cobertura posible del territorio de la provincia de Buenos Aires. Se puede decir que en una gran parte de la provincia se hace imposible cumplir con el tiempo de asistencia primaria de una hora, esto se evidencia en el hecho de que no existen hospitales dentro de los radios de alcance de algunos aeródromos, principalmente al oeste y sur de la provincia, como se observa en la Figura 4.

Como una posible alternativa para lograr un mayor alcance se incrementa el tiempo máximo de asistencia primaria de una hora, a una hora y treinta (30) minutos. En la Figura 4 se muestran las distintas regiones definidas para la atención primaria, considerando cinco (5) aeródromos base, cada uno con el equipamiento adecuado incluyendo un helicóptero. Las regiones de alcance desde cada aeródromose definen como región (1), dos (2) y tres (3), cuatro (4) y cinco (5).

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires



Figura 5. Radio de acción de los Aeródromos y hospitales según la alternativa planteada

En caso de querer lograr una cobertura a todo el territorio de la provincia, se ven incrementados, como es de esperar, los tiempos de asistencia primaria. Esto ocurre en mayor escala en las zonas hacia el oeste de la provincia, en donde la cobertura hospitalaria es menor y por ende las distancias de vuelo se hacen mayores.

La Figura 6 muestra el caso mencionado.

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

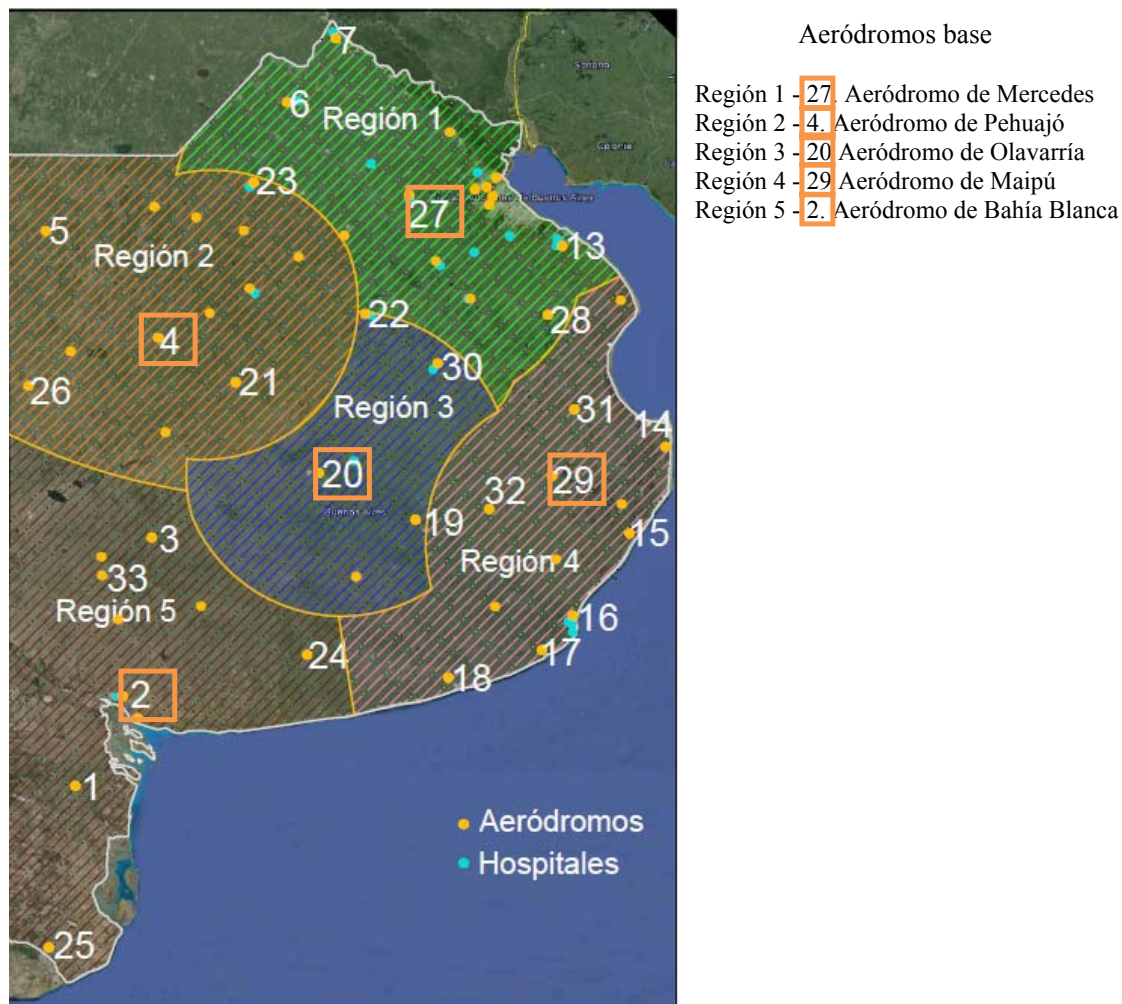


Figura 6. Análisis de cobertura de acuerdo a la alternativa planteada.

CONCLUSIONES

Se presenta un resumen de la organización sanitaria de la Provincia de Buenos Aires con identificación de hospitales de referencia y de sus aeropuertos vinculados.

La metodología presentada permitió identificar aquellas zonas de la provincia donde existe una deficiencia hospitalaria que impide cumplir en tiempo una asistencia primaria.

Según las hipótesis y criterios adoptados con cinco helicópteros distribuidos se lograría una atención primaria en 90 minutos. De acuerdo a los datos poblacionales obtenidos del Censo 2012 [6], la población que alcanzaría dicha estrategia es de 15,3 millones, es decir el 97,8% de la población, cubriendo un 80% del territorio de la provincia. Considerando a la totalidad de la población en el caso extremo daríamos un servicio de 132 minutos para la atención primaria.

Mejorando el tiempo de preparación de los equipos y del personal, considerado de veinte (20) minutos, prácticamente se alcanzaría el tiempo objetivo de asistencia primaria para el 97,8% de la población de la provincia de Buenos Aires.

Morinaga, Ledesma, Pesarini, Giambelluca, Coppa, Batallas, La red aeroportuaria y la organización sanitaria de la provincia de Buenos Aires

REFERENCIAS

- [1] DIRECCIÓN PROVINCIAL DE AERONAVEGACIÓN OFICIAL DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.
- [2] MINISTERIO DE SALUD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
- [3] DIRECCIÓN PROVINCIAL DE AERONAVEGACIÓN OFICIAL Y PLANIFICACIÓN AEROPORTUARIA, “Patologías trasladadas vía aérea”, Secretaria general del gobierno de la Provincia de Buenos Aires.
- [4] National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT), “Issues in Staffing Emergency Medical Services”, Final Report No. 93, May, 2008
- [5] Eurocopter Technical Data – 2013
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], 2010, Ministerio de Economía y Finanzas Públicas

DESARROLLO DEL PLAN ESTRATEGICO DE UNA AEROLINEA DE CABOTAJE SIN ESCALA EN BUENOS AIRES

Oroná Nélide^a, Godoy Rocío^b

^aEstudiante, 3er año Técnico Universitario en Gestión Y Producción, Instituto Politécnico Superior General San Martín, Universidad Nacional de Rosario, Ayacucho 1667 (2000) Rosario, Argentina

^bEstudiante, 3er año Técnico Universitario en Gestión Y Producción, Instituto Politécnico Superior General San Martín, Universidad Nacional de Rosario, Ayacucho 1667 (2000) Rosario, Argentina.

nelidaorona@yahoo.com.ar

RESUMEN

El transporte aéreo incide notablemente en la consolidación de una distribución territorial y por ende en el funcionamiento de su sistema económico. Siendo el avión un medio de transporte flexible y adaptable ante cambios en las relaciones territoriales, las redes actúan como coadyuvantes en la organización y mantenimiento de la mencionada estructura territorial.

Paradójicamente, a pesar de su alto costo operativo, las distintas infraestructuras que requieren los aeropuertos son relativamente simples, rápidas de implementar y económicas de mantener.[1] Es entonces, donde las políticas emergentes a tal fin, deberían planificarse como un vínculo entre sectores, esto es, lograr la integración de las ciudades o regiones, acompañando y promoviendo sus desarrollos económicos.

Actualmente, la compleja situación del sector está sometida a la estatización del mercado, el incremento de los costos, y el aumento del petróleo crudo, (representa entre el 15 y 18% de los costos totales).

Otras variables que influyen y por ende desalientan la inversión son: los períodos de auge y depresión económica, el clima, la estacionalidad, y por ultimo medidas proteccionistas y normativas arcaicas. No obstante, existen hoy oportunidades el desarrollo de nuevas líneas aerocomerciales que se proyectan con una visión que transformarían las actuales dificultades en sus principales fortalezas.

ABSTRACT

Air transport strongly influences on the territory distribution and on the functioning of economic systems. It is organized and structured by networks, with the plane as a means of transport flexible and adaptable to changes in spatial relations. Despite its high operating costs, the infrastructure that airports require is relatively simple, quick to implement and inexpensive to maintain. Therefore, its policy should be planned as a link between sectors to achieve an implementation that allows cities and regions to connect to each other, accompanying and promoting their economic development.

Currently the sector's complex situation is a consequence of market nationalization, increased costs as a result of the devaluation, and the rising of crude oil. This directly affects the operation because oil represents between 15 % and 18% of total costs. Other variables that influence and hence, discourage investments are the periods of economic boom and depression, the weather, seasonality, and finally, archaic protectionist measures and regulations. However, there are now opportunities to develop new commercial airlines with a vision to transform the current difficulties into their main strengths.

Palabras clave: (Plan estratégico, diagnóstico, objetivos, estructura orgánica, estructura de redes).

INTRODUCCIÓN

Durante años, las únicas ofertas de servicios de transporte aéreo en el mercado nacional se plantearon como un servicio radial desde Buenos Aires hacia las ciudades del interior del país, (siguiendo similar criterio de la aún vigente red ferroviaria), obligando a que el desplazamiento de una provincia a otra, sea en forma indirecta con “escala”.

No es difícil darse cuenta que en el instante que se disponga de una línea aérea que ofrezca una red descentralizada, se optará, sin dudas, por este servicio.

El modelo de Aerolínea planteado como alternativa de solución a la limitada y centralizada oferta de transporte aerocomercial en nuestro país, paradójicamente es la que anima la posibilidad de una traza y prestación distinta de transporte aéreo.

No es desacertado entonces, pensar en una Base Operativa con asiento en Santiago del Estero, por las beneficiosas políticas económicas sobre radicación de nuevos emprendimientos que en tal sentido se pueden obtener.

Siguiendo el concepto, se estaría hablando de una red con servicios en las ciudades de Salta, Catamarca, La Rioja, Córdoba y Rosario, operando con aviones turbohélice Metro III, (Autonomía de vuelo en horas: 4. Capacidad máxima de pasajeros: 19.), lo que permite ser tripulado sin personal de auxiliares de a bordo, y alcanzar los destinos planificados sin inconvenientes.

PROPOSITOS Y OBJETIVOS

El siguiente trabajo tiene como propósito desarrollar un Plan Estratégico Integral, para una aerolínea de cabotaje sin escala en Buenos Aires basada en un caso hipotético.

En primer lugar se definió la Misión y Visión de la aerolínea, seguido de un Diagnóstico Interno y Externo exhaustivo.

De los análisis y evaluaciones correspondientes, se estableció los procedimientos que se llevarán a cabo, considerando especialmente de aplicar los pasos que hacen al real concepto de lo que es un Plan Estratégico Integral, como así también de definir la Estructura Orgánica más adecuada para el correcto funcionamiento de la empresa.

No menos importante, fue establecer una estructura de redes para otorgar dinamización y flexibilización a la estructura empresarial desarrollada, que a su vez permita arribar en forma eficaz y eficiente a todos y cada uno de los objetivos que conforman el Árbol de Objetivos.

DESARROLLO DEL PLAN ESTRATEGICO

Actualmente parece haberse puesto de moda utilizar el término *Plan Estratégico*, aunque muy poco se entienda del verdadero alcance cuando se habla del tema. Desde un punto de vista estrictamente técnico podría definirse de la siguiente manera:

Plan Estratégico:

Es una concatenación de acciones orientadas al cumplimiento de un objetivo.

Debe tener metas parciales que permitan llegar al objetivo final.

Siempre es a futuro, a mediano y largo plazo, y debe contener alternativas que contemplen imprevistos.

Implica llevar adelante una serie de pasos para ordenar, organizar, dirigir y controlar todas las actividades de la empresa.

Los esfuerzos deben ser mancomunados, conforme al objetivo macro, esto es, a través de metas concretas a desarrollar por cada una de las áreas o departamentos según sus respectivas funciones.

Resulta imprescindible la participación de todos los actores de la empresa, de forma tal que se pueda realizar un correcto análisis de la realidad de la organización, entendiendo que ésta se encuentra inmersa en un contexto, por lo tanto, sujeta a un conjunto de variables internas y externas.

Esquemáticamente, implica desarrollar los siguientes pasos, Figura 1

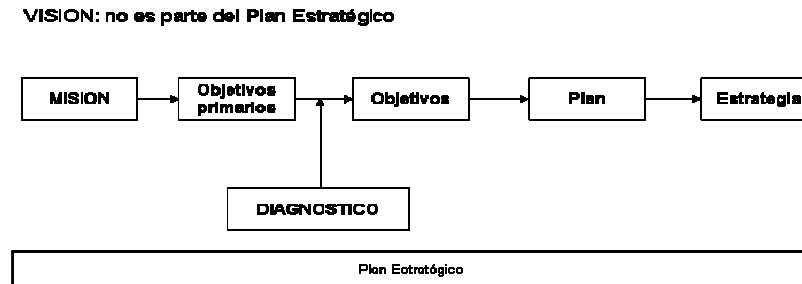


Figura 1. Pasos para elaborar un Plan Estratégico.

Para el desarrollo de este caso hipotético se planteo la siguiente Visión y Misión respectivamente.

VISION:

La de un cliente satisfecho que disfruta un traslado confortable, de buen servicio y de corta duración.
La de un cliente que recomienda a sus pares realizar su traslado aéreo de cabotaje bajo esta modalidad.

MISION:

Proyectarse fuertemente sobre un nicho de mercado no explotado.
Brindar servicios de vuelos de cabotaje sin escala en la ciudad de Buenos Aires, con un diseño diferente a la actual oferta.
Fundamentar los vuelos directos entre las localidades de Santiago del Estero, Rosario, Córdoba, Salta, La Rioja y Catamarca, como la solución a la limitada y centralizada oferta de transporte aerocomercial en nuestro país.
Plantear vuelos de trayectos cortos, con una duración menor a cuatro horas, (en tiempos absolutos), contemplando confort, seguridad y accesibilidad en términos de costos, frecuencia y rapidez en los tiempos de traslados.
Establecer costos adecuados a las prestaciones ofrecidas y, tiempos inferiores a los vuelos con escala y a los de transporte terrestre.
Concentrarse en la atención rápida, individual y sensible a las necesidades cambiantes del consumidor.
Generar campañas publicitarias que lleven a los clientes a incursionar en esta modalidad, no solo para acceder a un mejor servicio, sino para sentirse parte de la empresa.
Valorar las capacidades individuales de los empleados.
Generar ambientes agradables de trabajo.
Basar las tareas realizadas por los empleados en: la consideración, la preocupación y el compromiso, tanto con su entorno laboral, como con el contexto comunitario en el cual se desempeñan.

DIAGNOSTICO

Se realizó una completa recopilación de información para conocer la realidad donde una empresa de estas características estará inmersa, tanto en sus aspectos internos, como en factores externos que las puedan afectar. En este sentido se utilizó una técnica que permita detectar las **F**ortalezas, **O**portunidades, **D**ebilidades y **A**menazas, (**F.O.D.A.**).

AMENAZAS:

- Nuevos en el mercado.
- Preferencia de los usuarios.
- Servicios sustitutos.
- Vulnerabilidad frente a las tácticas de aerolíneas mayores.
- Quejas de clientes.
- Posible entrada de nuevos competidores.
- Vulnerabilidad a cambios del marco regulatorio de la actividad.
- Alta exposición del mercado turístico a medidas políticas, económicas y financieras (mercado de divisas, por ejemplo).

OPORTUNIDADES:

- Ubicación que favorece las exenciones impositivas.
- Los primeros en ofrecer el servicio.
- Generación de ideas en cuanto a procesos y procedimientos.
- Alta concentración del mercado.
- Destinos turísticos mal atendidos.
- Operadores turísticos deseosos de una alternativa a la Empresa dominante.

DEBILIDADES:

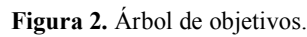
- Alta volatilidad del precio del petróleo crudo y el aerocombustible, en el mercado regional y mundial.
- Baja capacidad de negociación con Proveedores (insuficiente nivel de consumo para obtener buenos precios de combustible).
- Marco regulatorio del negocio politizado y sumamente incierto.
- Alta dependencia de los operadores turísticos, al carecer de una infraestructura de ventas propia y de recursos adecuados de marketing (alta conveniencia de establecer alianzas estratégicas).
- Cultura autocrática y liderazgo autocrático.
- Necesidad de una fuerte inversión.
- Rentabilidad reducida o nula en la primera etapa.

FORTALEZAS:

- Tarifas atractivas para la alternativa transporte aéreo.
- Moderna tecnología y confort en el transporte para asegurar calidad.
- Bajos costos operativos.
- Infraestructuras básicas y servicios tercerizados que minimizan costos.
- Frecuencia horaria.
- Escala reducida, no se pretende competir con los líderes, sino complementarlos.
- Posibilidad de realizar vuelos “a medida” de las necesidades de los operadores.

OBJETIVOS – ARBOL DE OBJETIVOS

Definir objetivos, no es otra cosa que transformar la declaración de misión en objetivos específicos, por medio de los cuales se pueda medir el crecimiento de la misma, esto se logra asociando cada objetivo a un indicador (Tabla 1) que lo cuantificará y nos dará rápidamente información acerca de su grado de avance en función de la meta preestablecida. Para este plan, se presenta a los objetivos en un esquema de árbol, (Figura 2) donde a medida que bajamos un nivel nos encontramos con aquellos que nos permiten llegar al objetivo del nivel inmediato superior respondiendo a la pregunta ¿con qué?, mientras que en cada nivel superior encontramos el objetivo que nos responde el ¿para qué? se realiza el objetivo planteado en el nivel inferior, y por último en la cumbre se visualiza el objetivo de “máxima” de la organización.



Nº	Nombre Indicador
I1	Nº De Centros de reservación.
I2	Tasa de crecimiento anual.
I3	Nº de capacitaciones mensuales.
I4	Cantidad de vuelos / N° de aviones.
I5	Cantidad de vuelos anuales.
I6	Precio=CVM
I7	Nº de quejas y reclamos mensuales.
I8	% participación de mercado.
I9	Ganancia neta anual.
I10	% clientes anuales.
I11	Nº de nuevos clientes trimestralmente.
I12	Nº capacitaciones anuales.
I13	Nº de pasajeros en lista de espera.

Tabla 2. Objetivos con sus indicadores asociados.

Nº objetivo	Objetivo	Nº indicador/es
1	Aumentar cartera de clientes un 20% anual.	I10
2	Incrementar ventas al 20% anual.	I11
3	Capacitación técnica y en calidad de atención a personal de a bordo.	I3
4	Capacitar al personal de centros de reservación.	I12
5	Aumentar centros de reservación y autogestión.	I1
6	Incrementar frecuencias de vuelos 20% anual.	I4
7	Precio del pasaje igual al costo variable medio	I6
8	Crece un 30% el primer año y 10% anual los siguientes 2 años.	I2, I5
9	Capturar 50 % del mercado que hace escala en Buenos Aires.	I11
10	Capacitar 3 veces por año al personal.	I3, I12
11	Incrementar beneficios 30% anual a partir del 2do año.	I6, I9
12	Participación en nuevos mercados.	I8
13	Calidad de atención al cliente.	I7, I13
14	Aumento de la rentabilidad de la empresa.	I9

Una vez planteado los objetivos con sus correspondientes indicadores (Tabla 2) se procede a desarrollar el plan estratégico, éste será el documento formal en el cual se plantean las acciones concretas a realizar. El documento contiene la definición del objetivo, así como también quién es el responsable de su seguimiento, una meta temporal y cuantitativa. También se incluyen las acciones concretas para el logro del objetivo. En este caso, sólo se desarrollo a modo de ejemplo el plan de acción para el objetivo número 13, para el resto de los objetivos el plan de acción se desarrolla de idéntica forma.

OBJETIVO Nº 13: Calidad de atención al cliente

Área de la Empresa: Gestión de Calidad.

Definición del Objetivo: Asegurar el confort, seguridad, y satisfacción del cliente.

Indicador/es: **I7, I13**

Frecuencia de Control: Trimestral.

Responsable del seguimiento: Jefe de Gestión de Calidad.

Fuente de los indicadores: Ventas, Comercialización.

Valor de inicio del indicador: 0

Valor Meta 1: 20 %: Fecha: Quinto día hábil luego del primer trimestre de vigencia del presente plan.

Valor Meta 2: 15%: Fecha: Quinto día hábil luego del segundo trimestre de vigencia del presente plan.

Valor Meta 3: 10%: Fecha: Quinto día hábil luego del tercer trimestre de vigencia del presente plan.

Valor Meta 4: 5%: Fecha: Quinto día hábil luego del primer año de vigencia del presente plan.

Desarrollo Plan (Acciones):

- Mejorar la imagen de la flota.
- Fijar y cumplimentar los horarios del servicio de comidas.
- Lograr el compromiso de todos los trabajadores. Ofrecer incentivos por puntualidad.
- Entender las necesidades del cliente. Mejorar el servicio de abordaje y el trato interpersonal
- Alianzas estratégicas con proveedores, agentes de viajes y clientes.
- Control de la puntualidad en los vuelos. Evitar y controlar pérdida de equipajes.
- Identificar y clasificar los reclamos de pasajeros o causas de embarques desistidos.
- Programar, coordinar, controlar y crear procedimientos de capacitación.
- Desarrollar procedimientos acerca de tareas necesarias para realizar el control diario. Como se realizará. Quién lo realizará.
- Redefinir nuevos destinos en función del feed – back con los clientes.
- Realizar las acciones necesarias a través del área de Comercialización para concentrar esfuerzos sobre los posibles clientes que actualmente realizan escala en Buenos Aires.

Oroná y Godoy - Desarrollo del Plan Estratégico de una Aerolínea de Cabotaje sin escala en Buenos Aires.

- Coordinar con Área de Comercialización y consultores externos las campañas publicitarias acordes a los tipos de consumidores.
- Realizar campañas publicitarias dirigidas a los distintos tipos de consumidores, ofreciendo servicios acorde a las necesidades.
- Realizar encuestas a cada tipo de consumidor a fin de detectar la calidad del servicio a bordo y del impacto de las campañas publicitarias.
- Minimizar las quejas o reclamos.
- Realizar promociones que atraigan a los clientes.

Estrategia: Realizar seguimiento exhaustivo de los clientes y responder con celeridad a sus necesidades.

ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LA AEROLÍNEA

Dado que éste es un caso hipotético y tomando en cuenta los objetivos a alcanzar, es de suma importancia definir una estructura orgánica que permita el logro de las metas definidas de forma eficaz y eficiente. Para La Aerolínea se ha definido una estructura orgánica conforme las Normas IRAM, lo que ha permitido establecer áreas con igual jerarquización, de forma tal de evitar la aparición de nichos o reinos de poder que tanto mal hacen a las organizaciones con estructuras tradicionales basadas en jerarquías de autoridad.

Se evidencian áreas claves para el desempeño cotidiano, que tienen que ver estrictamente con la prestación del servicio, mientras que existen otras que cumplen funciones de soporte sumamente necesarias para el desarrollo de cualquier organización sería que se precie de tal y quiera alcanzar el éxito.

Cabe destacar como áreas claves a Operaciones y Servicios, que resultan fundamentales a la hora de satisfacer al cliente, mientras que las áreas Comercialización y Compras son significativas al momento de la promoción, publicidad, ventas y minimización de costos, respectivamente.

Esto no implica que el resto de las áreas sean menos importantes (como ya se aclaró, poseen jerárquicamente la misma importancia), sino que son todas mutuamente complementarias, no se puede pensar a la empresa sin la existencia de todas las áreas que trabajan, planifican y colaboran para lograr la prestación de un Servicio que satisfaga al cliente en tiempo, calidad, y a un costo accesible.

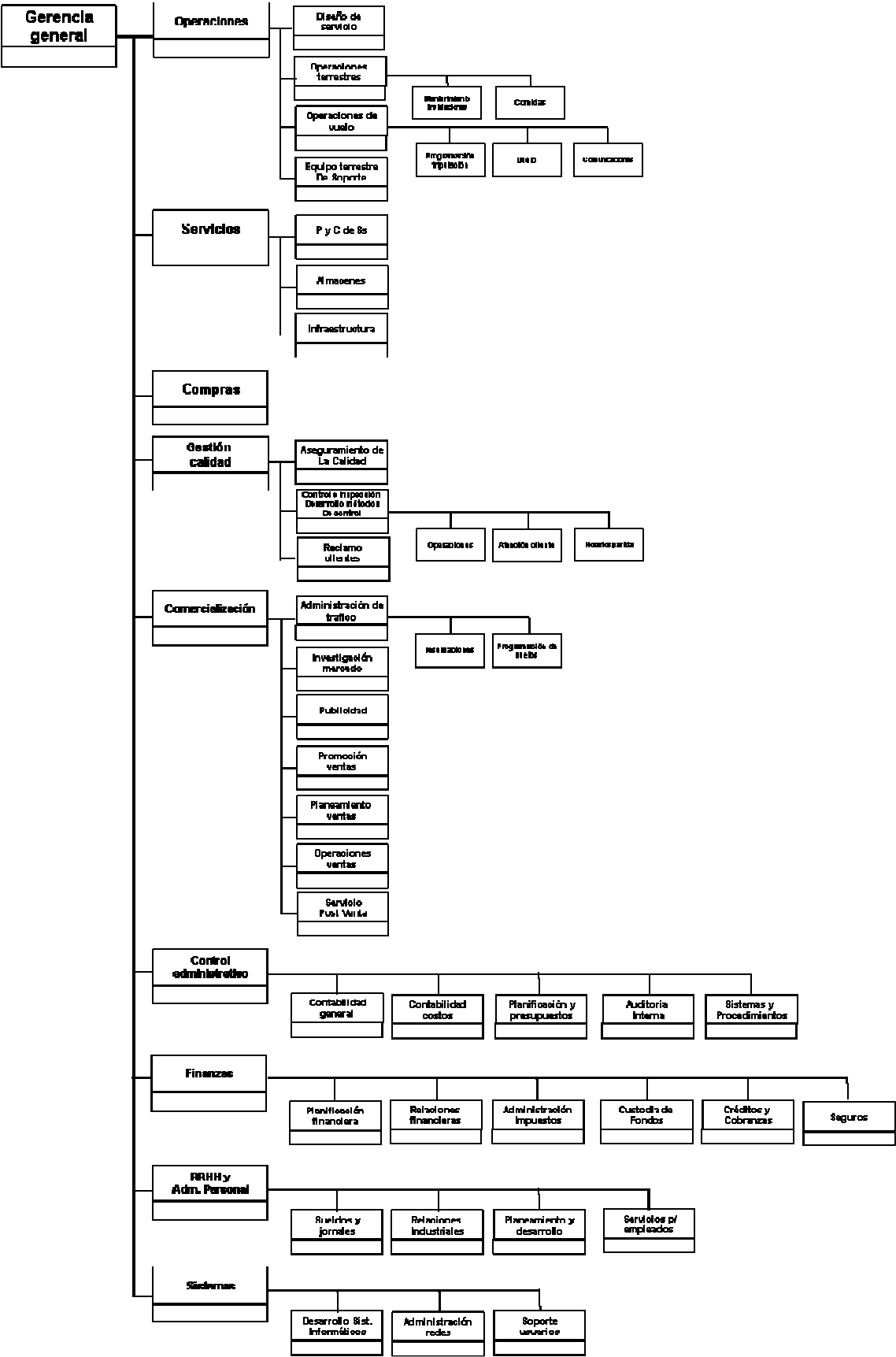


Figura 3. Modelo tentativo de Estructura Orgánica. Según la normalización IRAM.

ESTRUCTURA DE REDES

El entorno actual exige a las organizaciones cada vez más flexibilidad y capacidad de adaptación. Se cuestiona el paradigma tradicional de las estructuras como una manera eficaz de dominar una realidad que cambia constantemente de manera vertiginosa. Ante la búsqueda de respuestas para sobrevivir y prosperar en un contexto turbulento surgen nuevas configuraciones organizativas, aparece así la idea de Estructuras Dinámicas que se sustentan en el concepto de relaciones, interacciones. Se busca analizar a la organización como un sistema, como un conjunto de elementos interrelacionados entre sí. La interacción entre las áreas de una empresa resulta más importante que las áreas en sí mismas.

Se desarrolla de esta forma lo que se denomina Estructura de Redes, donde el concepto de las comunicaciones de una empresa ya no se reduce conceptualmente a las líneas de un organigrama sino como secuencias motivacionales dinámicas, donde emisores y receptores de información interactúan continua y permanentemente.

Debe valorarse la información como patrimonio de toda la organización, en lugar de ser propiedad de cada área en particular.

Estructura de Redes implica pensar y organizar a la empresa en varias direcciones simultáneas.

A diferencia de los organigramas que muestran cargos, puestos, funciones, este tipo de configuración estructural tiende a transmitir una sola idea: cómo son las relaciones dentro la organización.

Dentro de esta estructura no existen comunicaciones rígidas y formales, los canales de comunicación, influencia, información y control se manejan muy flexiblemente sobre la base de recorridos no establecidos estrictamente, sino armados de un modo dinámico. Los canales no necesariamente deben ser permanentes, pueden existir por un tiempo determinado y luego reconfigurarse. No tienen por qué ser exclusivamente jerárquicos, pueden establecerse comunicaciones entre distintas personas de diferentes áreas y jerarquías para desarrollar actividades concretas. Pueden ser interacciones periódicas o puntuales de acuerdo con la necesidad.

Las Estructuras de Redes se basan en la reducción de niveles jerárquicos y en la búsqueda de mecanismos de coordinación e integración entre las distintas partes de la organización.

Con el diseño de Estructuras de Redes se pretende resolver el problema del "Pensamiento Vertical", mediante el cual la toma de decisiones se realiza dentro de un rango limitado, no investigando todas las distintas maneras de contemplar algo sino aceptando la manera más habitual de actuar y proceder a partir de ella.

La necesidad de combinar áreas -característica esencial de la Estructuras de Redes- surge inmediatamente de la necesidad de hacer frente a problemas cada vez más complejos.

Es importante trabajar en obtener objetivos relacionados y armónicos entre las distintas áreas y generar alternativas para lograr dichos objetivos, se pretende combinar formas de pensar.

Las Estructuras de Redes facilitan la implementación de ideas ya que dan lugar a la fluidez y la flexibilidad.

Estrategia - Estructura - Cultura son los tres pilares sobre los cuales se trabaja para lograr la flexibilidad.

La Estrategia es una percepción, la visión que el número uno tiene de la empresa. Es un plan para cumplir con los objetivos, cuáles son los pasos a seguir, cuáles son las etapas. La formación de la estrategia es un proceso permanente y dinámico en el que interviene toda la organización. La empresa se va desarrollando y la estrategia se va formando a medida que ésta crece.

La Cultura es un generador invisible de energía que posibilita el desarrollo de las estrategias, las estructuras y los sistemas de la empresa en general. Es el modelo consciente o inconsciente que los integrantes tienen para saber cómo se hacen las cosas. Está presente en todos los niveles. Es la consecuencia de la actitud global de todos los individuos que componen la empresa. En la cultura es importante el estilo de la dirección y la habilidad y aptitud para comprometerse e involucrar a los gerentes, jefes, supervisores y personal en general en la consideración de proyectos y productos como si fueran propios.

La Estructura es el elemento con que cuenta el número uno de la empresa para manejar y moldear la cultura, por eso es de suma importancia relacionar la Estructura con la Cultura de la empresa ya que ambas (juntamente con la Estrategia) están asociadas.

Para el presente caso resultó conveniente elaborar una estructura de redes. "La idea es todos puedan comunicarse con todos, ya que la red representa el tejido a partir del cual una persona dentro de una organización se comunica no sólo verticalmente sino también horizontalmente y en forma oblicua

hacia arriba y hacia abajo” [2]. Este tipo de estructura le otorga a la organización el dinamismo necesario para afrontar las diversas problemáticas que puedan surgir diariamente.

A continuación vamos a desarrollar un modelo de estructura de redes para la aerolínea, primero simplificamos la estructura en tres aspectos:

- Gerente General.
- Cuatro temas claves: Operaciones, Servicios, Finanzas y Comercialización.
- Áreas adicionales:
 - Compras.
 - Gestión de la Calidad
 - Control Administrativo.
 - RRHH y Administración de Personal.
 - Sistemas.

Luego se desarrollo en forma gráfica la estructura de redes para La Aerolínea.

Las áreas no estarán distribuidas por niveles, sino que se encontraran ubicadas en un mapa que se forma alrededor de 2 ejes. En el vertical que va desde los aspectos de soporte hasta las actividades más operativas, Finanzas y Operaciones. En tanto en el eje horizontal va desde las actividades orientadas al Servicio hasta las orientadas al Cliente, correspondiendo a las áreas de Servicio y Comercialización.

Para comenzar a ubicar es interesante que imaginemos una estructura circular. Figura 3.

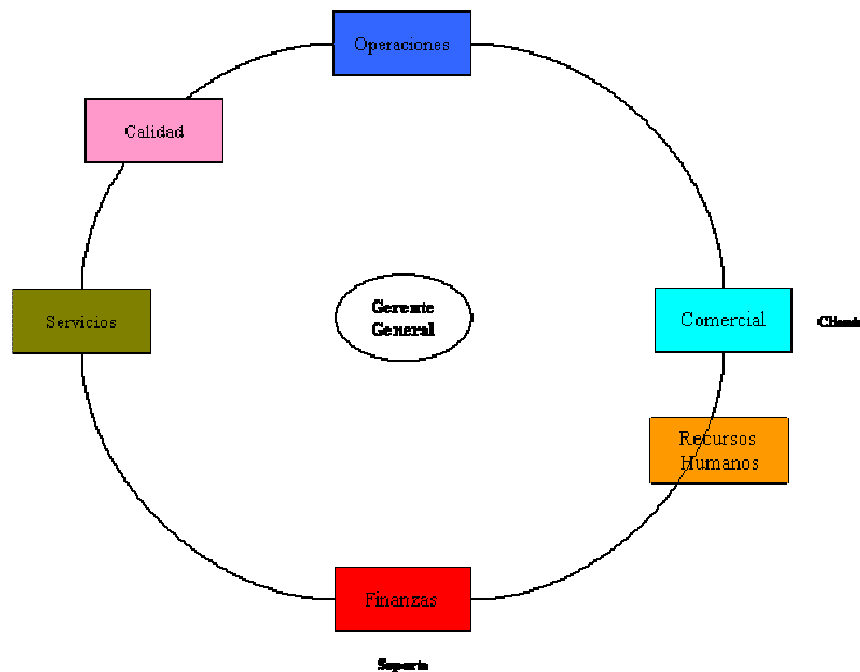
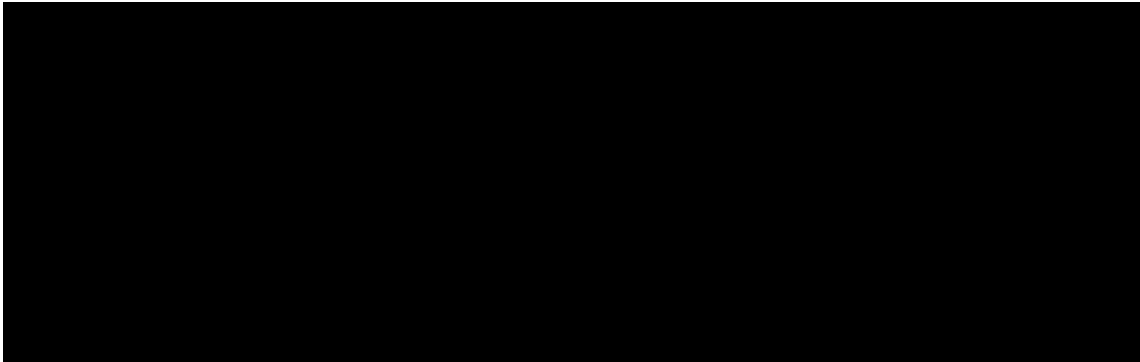


Figura 3. La estructura de redes se organiza desde un punto de vista circular.

Desde un punto de vista clásico, diremos que estas áreas forman algo así como un “Team Gerencial de Primera Línea”. Son la contención de la red; entre ellos deberán trabajar y tomar diversas decisiones de conjunto. [3].

Para ubicar el resto de las áreas se las dividió grupos en función de su operatividad, Tabla 3.



Hasta aquí solo hemos planteado al team gerencial, ahora vamos a definir algunas líneas jerárquicas “quien depende de quien”, porque es evidente que de algún modo tiene que plantearse un esquema de autoridad. Tabla 4. Figura 4.

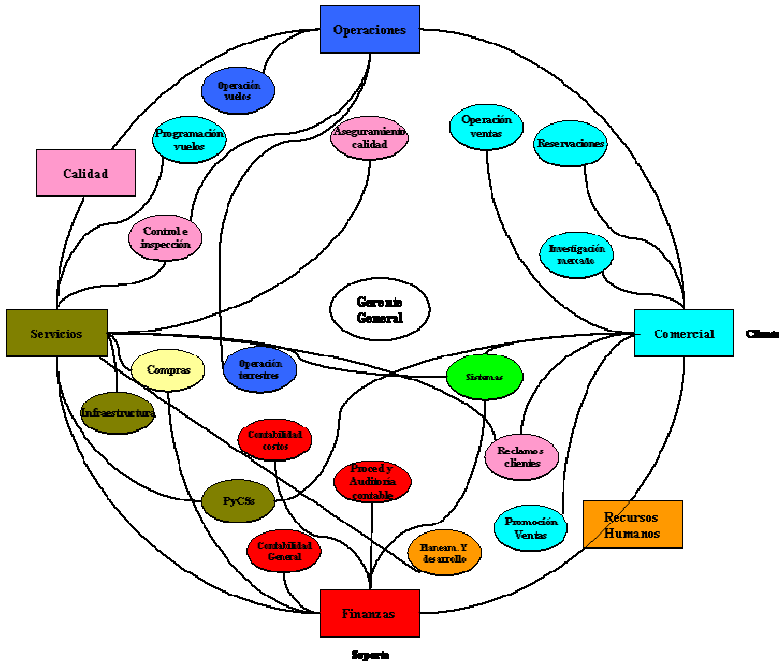
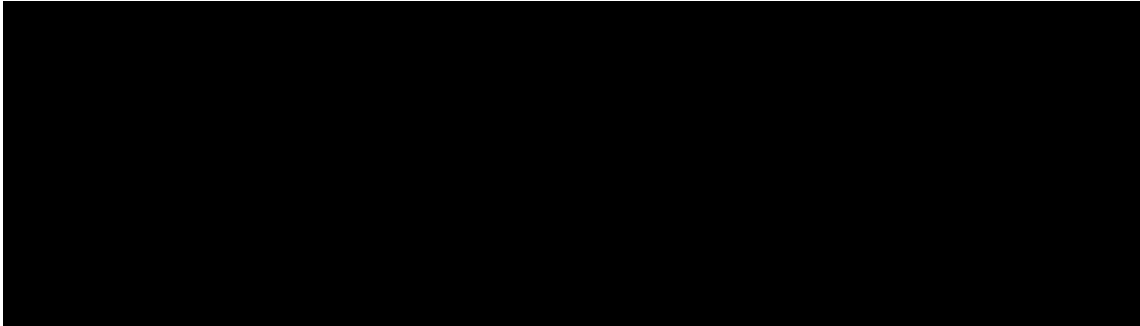


Figura 4. Relaciones de Autoridad.

En la figura 5 graficaremos con línea punteada un conjunto de interacciones que representan la necesidad de conexión de ciertas actividades entre sí, mas allá de que dependan o no de una misma “gerencia”, esta interacción surge como una consecuencia lógica del funcionamiento integral de la organización.

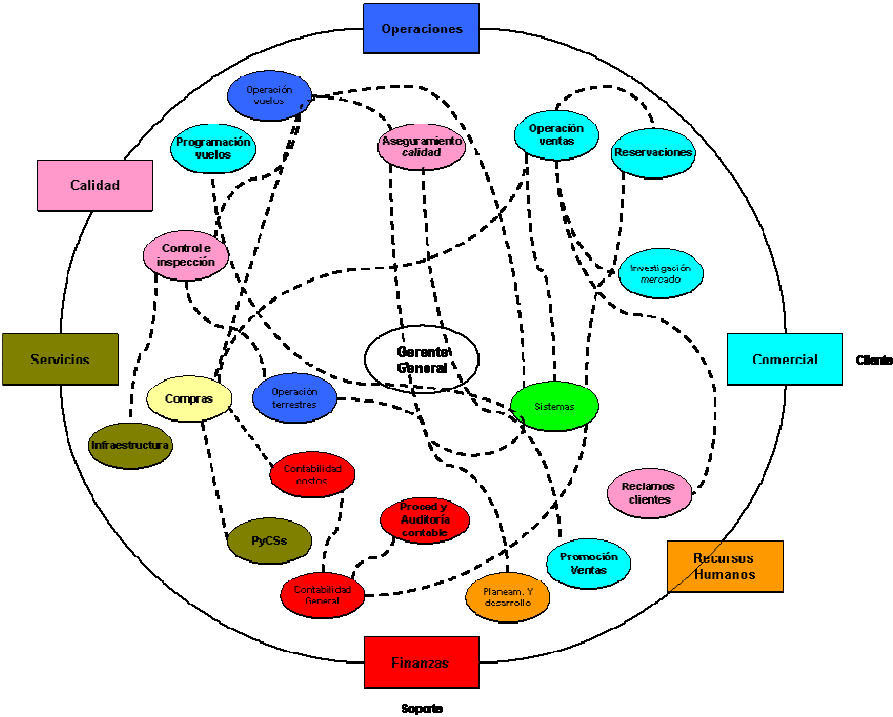


Figura 5. Relaciones significativas entre áreas.

La figura 6 es la estructura de redes planteada para La Aerolínea. Podríamos concluir que es el modo en que la organización se percibe o al que aspira llegar, es un símbolo de lo que pensamos como organización, de lo que queremos ser, de cómo deseáramos funcionar.

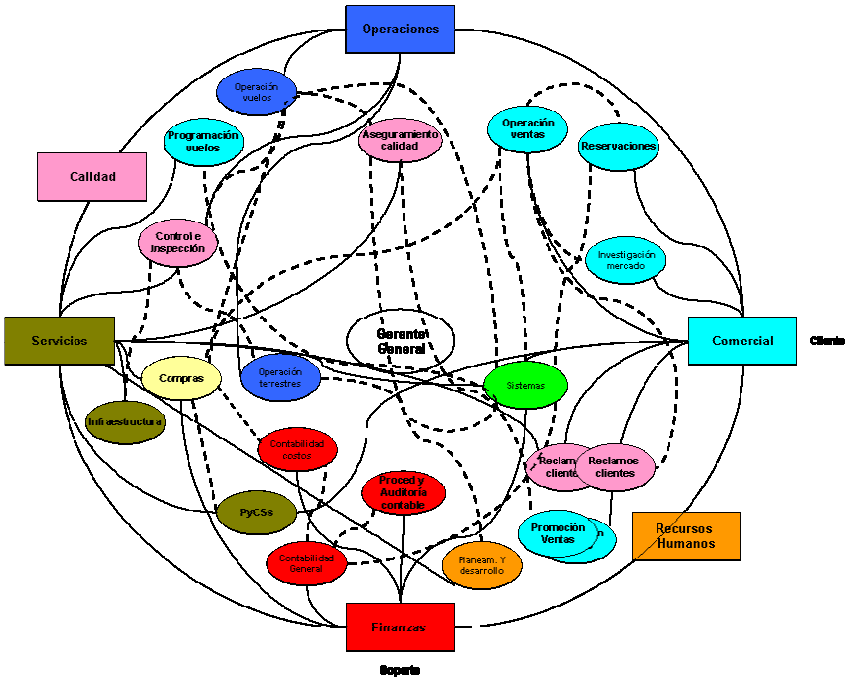


Figura 6. Conjunción de las relaciones de Autoridad y las relaciones significativas entre las áreas que conforman la Estructura de Redes de La Aerolínea.

Para concluir con esta temática es de importancia aclarar algunas cuestiones, el armado de una estructura de redes lleva tiempo, y su diseño en el gráfico va acompañando el proceso, va surgiendo como consecuencia de un cambio de percepción en las distintas personas. El cambio profundo comienza con los integrantes del “team gerencial de primera línea”, ya que son la contención de la red, y deberán internalizar muy seriamente la idea de redes. Si ellos no entienden el concepto, es muy difícil seguir trabajando con el resto de la organización.

CLUSTERS: Es el conjunto de funciones que se relacionan para solucionar un problema o llevar adelante un tema particular; es saber quienes intervienen para solucionar un determinado problema o situación. El manejo de los Clusters conforma una Ventaja Competitiva. Del análisis de los objetivos del presente Plan Estratégico se evidenció la necesidad de establecer cinco (5) Clusters de trabajo.

Tabla 6. Clusters

CLUSTER N°1: DESGARROLLO DE CLIENTES	CLUSTER N°2: DESGARROLLO ESTRATÉGICO	CLUSTER N°3: DESGARROLLO SERVICIOS
Calidad Operación de Ventas Reservaciones Investigación de mercado Reclamo clientes Promoción ventas	RRHH Sistemas Reclamo clientes Promoción ventas Planeamiento y desarrollo de RRHH	PyC Ss Calidad Diseño Servicios Contabilidad de Costos Compras Infraestructura Operación Terrestre
CLUSTER N°4: DESGARROLLO PROVEEDORES	CLUSTER N°5: DESGARROLLO OPERACIONAL	
Compras Calidad PyC Ss Operaciones	Operaciones Calidad Programación vuelos Control e inspección Compras PyC Ss	

MAPA DE PROCESOS

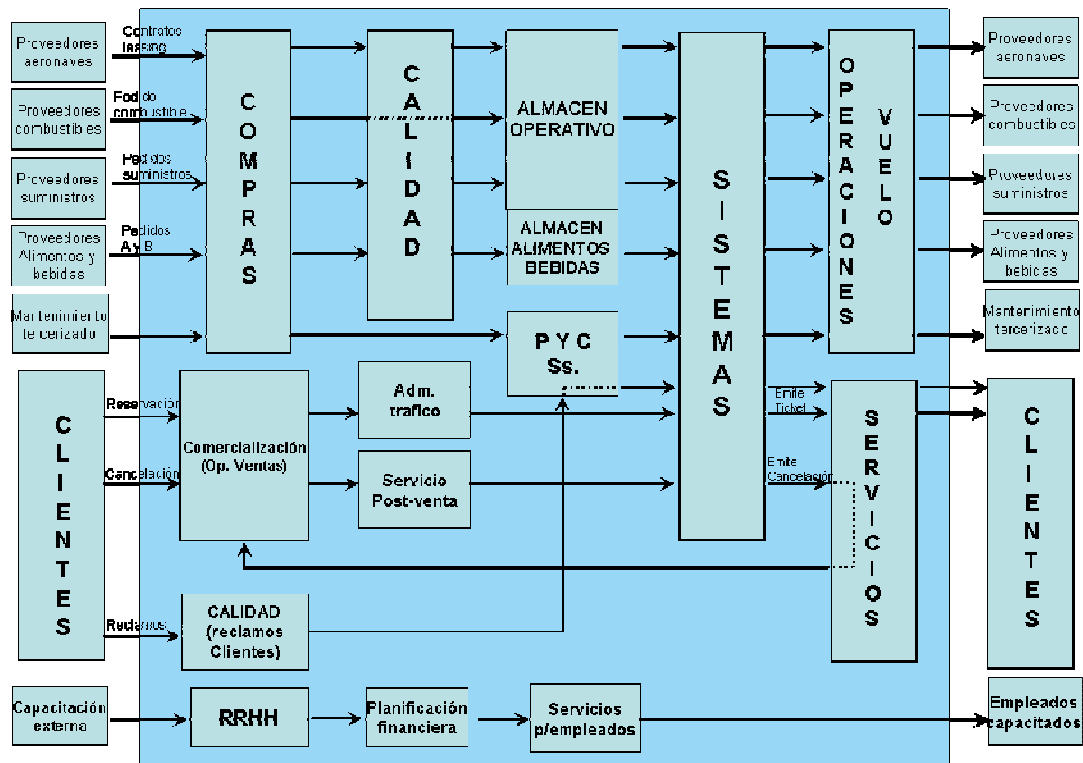


Figura 7. Mapa de Procesos de La Aerolínea.

CONCLUSIONES

La Aerolínea, al igual que está ocurriendo en muchas otros tipo de empresas, debe interesarse por abordar con suficiente antelación los cambios previsibles, derivados tanto de las necesidades de adaptarse a las nuevas situaciones y entornos, como a los desafíos propios de lo que significa un nuevo emprendimiento.

En primer lugar podríamos afirmar que el desarrollo de una línea aérea de cabotaje sin escala en Buenos Aires implica:

- ✓ Una solución a la limitada y centralizada oferta de transporte aerocomercial
- ✓ Trabajar con bajos costos operativos,
- ✓ Garantizar frecuencia y rapidez en los tiempos de traslado para los clientes,
- ✓ Ser referentes en calidad del servicio
- ✓ Que todos los actores de la empresa deban trabajar de forma coherente, interrelacionados y en equipos multidisciplinarios.

En este sentido el desarrollo del presente trabajo ha logrado:

- ✓ Elaborar un plan de acción, acorde con los objetivos previamente planteados en el Árbol de objetivos.
- ✓ Desarrollar una estructura orgánica adecuada a las necesidades de la empresa
- ✓ Incorporar el concepto de estructura de redes, como complemento a la estructura orgánica otorgándole la flexibilidad que se requiere en un contexto político, económico y social tan inestable.
- ✓ Desarrollar estructuras dinámicas que permiten anticipar y prepararse acordemente para el futuro, otorgándole a la Empresa una actitud proactiva

Si bien como es lógico La Aerolínea no podrá poner en funcionamiento todas las acciones planteadas de un día para el otro, la formulación del presente trabajo permite tener un **marco de referencia** sobre el cual trabajar, que oriente todas y cada una de las decisiones y acciones cotidianas. Será entonces el “terreno” sobre el cual se irá construyendo el camino que nos lleve de la forma más eficaz y eficiente posible hacia el resultado de los sueños en acción.

REFERENCIAS

- [1] Ballestrieri, C, “Desregulación Aérea Argentina. Las nuevas relaciones costo – espacio.”, *Observatorio Geografico America Latina*, 8 EGAL, 2008, pp. 25.
- [2] Serra, R., Kustika, E, “Re – estructurando empresas”, 1ra Edición, Ediciones Macchi, Buenos Aires, Argentina, 1995
- [3] Serra, R., Kustika, E, “Re – estructurando empresas”, 1ra Edición, Ediciones Macchi, Buenos Aires, Argentina, 1995

ESTUDIO COMPARADO DE MODELOS DE CAPACIDAD APLICADO AL AEROPUERTO SABE. SITUACIÓN 2013.

Joaquín Piechocki^a, Alejandro Di Bernardi^a y Gabriel Ramírez Díaz^a

^a Grupo de Transporte Aéreo (GTA), Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata
Calle 116 s/n e 47 y 48, (1900) La Plata, Argentina
Email: joaquin.piechocki@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

La determinación de la capacidad de la infraestructura aeronáutica de un aeropuerto es motivo de constante esfuerzo en términos de investigación por cuanto permite, por un lado, establecer políticas de gestión de recursos, materiales y técnicos, y por otro, planificar estratégicamente su evolución. El Aeroparque "Jorge Newbery", SABE de acuerdo a la denominación OACI, es tomado como caso de estudio para el presente estudio en virtud de su importancia en la red de transporte aéreo que integra, y como caso aeroportuario más relevante de ciudades argentinas en términos de movimientos. El presente estudio tiene por objeto la determinación de la capacidad de la infraestructura aeroportuaria de SABE, por medio de tres métodos distintos: aquel definido por la FAA AC5060, uno basado en un método analítico de investigación operativa y la simulación numérica por medio del software SIMMOD. Adicionalmente se comparan los datos de movimiento y demora del aeropuerto en la situación actual con los resultados obtenidos de forma de validar los modelos aplicados. Los resultados de estas determinaciones muestran contrastes basados en los distintos supuestos metodológicos los cuales son comentados, mostrando cierto grado de complementariedad entre los distintos métodos.

ABSTRACT

Determining the capacity of an airport aeronautical infrastructure is a constant effort in terms of research because it allows to establish resource management policies and evolution of strategic plans.

The "Jorge Newbery" airport, designed as SABE by ICAO, is taken as a case study because of its importance in the air transportation system that integrates, and of being the main city airport of Argentina.

The study objective is to determine the ability of airport infrastructure by three different methods: one defined by the FAA AC5060, one based on an analytical method of operations research and numerical simulation through SIMMOD. In addition airport movements were used to validate models.

The results of these measurements show contrasts based on different methodological assumptions which are discussed, showing some degree of complementarity between methods.

Palabras clave: capacidad, investigación operativa, aeropuertos, city airport.

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objeto la estimación de las capacidades prácticas de la infraestructura de la parte aeronáutica del aeropuerto del Aeroparque “Jorge Newbery”, SABE de acuerdo a la denominación OACI.

La determinación de la capacidad de la infraestructura aeronáutica de aeropuertos es motivo de constante esfuerzo en términos de investigación por cuanto permite por un lado establecer políticas de gestión de recursos materiales y técnicos, y por otro, planificar estratégicamente su evolución asociada a una demanda proyectada, en términos de hitos.

Para los fines expuestos se aplica y desarrolla a la parte aeronáutica del aeropuerto las siguientes metodologías: aquella propuesta por FAA en [1], un método de analítico de desarrollo específico (investigación operativa y teoría de colas) y un método de simulación numérica por medio del software SIMMOD.

El método propuesto por Federal Aviation Administration [1] toma como referencia estudios previos, en particular el denominado FAA-RD-74-124, en donde distintos aeropuertos de alta actividad en EUA son estudiados por distinto métodos. Este hecho imprime una primera serie de condicionamientos asociadas a la muestra de la población (de aeropuertos) considerada.

Adicionalmente la configuración aeroportuaria se encuentra tabulada en 19 casos típicos de configuración de pistas, donde existe una calle paralela a lo largo de ella que se conecta con la plataforma y que no presenta problemas de cruces, no presenta limitaciones de espacio aéreo de ningún tipo. Se agrega a estos supuestos un factor de uso del 80% en la condición más favorable de configuración de pista. Sobre la base de estas restricciones el método propone la estimación de capacidades y demoras en aeropuertos por medio de la comparación indirecta con aquellos usados de referencia por medio de gráficos y tablas que estructuran la información.

El método analítico supone establecer una vinculación cinemática de las aeronaves con la infraestructura como fuente causal de interacciones otras aeronaves y la infraestructura, y por tanto de tiempos de servicio. La información que recoge el método contempla procedimientos y condicionamientos en la operación de las aeronaves en el contexto físico, operacional, climático y legal. Esta información también contempla el relevamiento de información experimental, en campo. Finalmente el modelo generado permite establecer capacidades máximas y prácticas a partir de la teoría de colas.

El método que recoge SIMMOD simula la operación de aeronaves sobre una red mimética a la asociada a los movimientos de aeronaves, y establece índices de desempeño de las infraestructuras sobre la base de su utilización en el tiempo. Tiene asociado distribuciones estadísticas que introducen dispersiones operativas que se reflejan en los indicadores. Este método permite caracterizar aeropuertos y demandas específicas.

Existe una importante cantidad de trabajos de investigación sobre la aplicación de SIMMOD para la caracterización de aeropuertos, como por ejemplo el Aeropuerto de Mineapolis, EUA [2]. Adicionalmente esta herramienta de simulación ha demostrado ser capaz de generar información útil para la optimización de operaciones aeroportuarias y la estimación del desempeño [3].

Los índices de capacidad y demoras tienen por objeto el establecimiento de límites prácticos de demanda, el cual tiene asociado una magnitud de demora por operación, que es la máxima permitida para determinado nivel de servicio del sistema. Se denominará a estas capacidades, capacidades prácticas. Trasponiendo el límite de la capacidad práctica, las condiciones de operación suponen demoras que degradan el nivel de servicio al aumentar la demanda, hasta el punto de lo impracticable operativamente, llamado colapso.

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

En el presente trabajo se compararán los resultados de la evaluación de la infraestructura aeronáutica de SABE por los distintos métodos descriptos, incluyendo el sistema de pistas, el sistema de rodajes y el sistema de plataformas comerciales. Este hecho permite evaluar el efecto distintivo y complementario de los distintos enfoques metodológicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como punto de partida para la evaluación de la capacidad de la parte aeronáutica se toma un espacio aéreo con suficiente capacidad como para hacer despreciables las demoras generadas por él, y por tanto no condicionar la capacidad del sistema.

Al respecto de la calidad de servicio para aeronaves se adopta un valor de demora de 4 minutos por operación, que definirán las distintas capacidades prácticas de la infraestructura del lado aire. Para el cálculo de volúmenes de servicio 4 minutos en promedio suele considerarse un nivel aceptable de demora según FAA AC 150-5070/6.

Demanda aeronáutica y escenarios operativos

El modelo del sistema de la parte aeronáutica de SABE que se adopte depende de los escenarios operacionales que se desarrollen. Estos escenarios reproducirán distintas situaciones de operación del aeropuerto frente a determinado estado del espacio aéreo. La calidad descriptiva de estos escenarios dependerá de la cobertura del universo muestral que represente, y por tanto de las características de la demanda aeronáutica (aeronaves).

Los registros de utilización de pistas arrojan porcentajes de utilización de la infraestructura de la parte aeronáutica en donde el 70% de las operaciones corresponde a aterrizajes y despegues de Pista 13. Se adoptará este escenario a los fines del presente trabajo.

La caracterización de la demanda aeronáutica histórica se usará como base para la demanda actual, a partir de la introducción de índices y factores. Se considerará una hora pico estimada de demanda aeronáutica basada en registros históricos de movimientos.

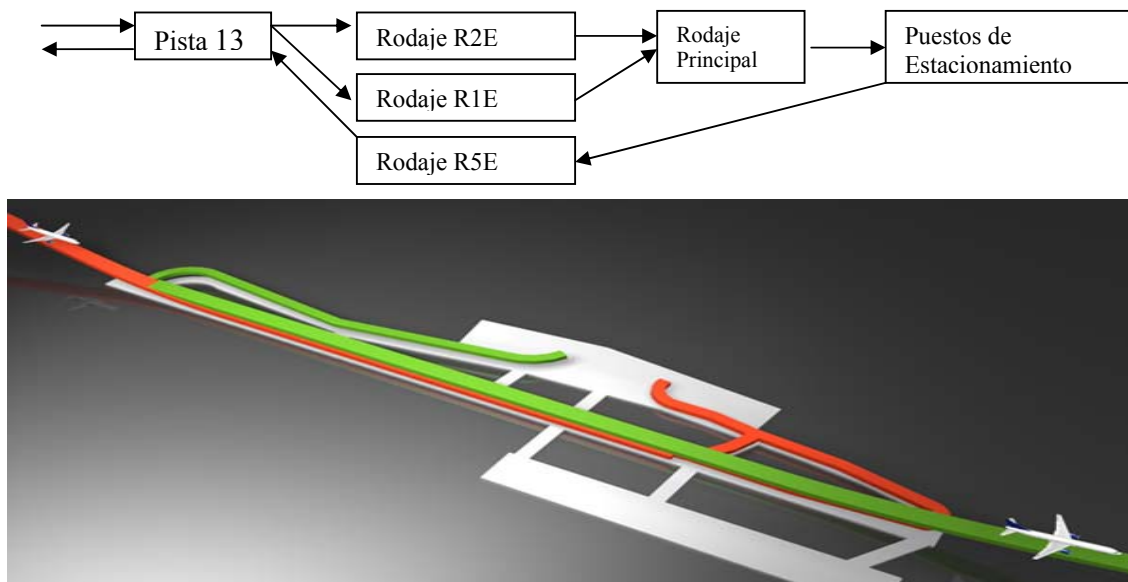


Figura 1 – Esquema de escenario operacional de SABE

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

En virtud de la predominancia de operaciones comerciales de aeronaves tipo C en horas pico (de acuerdo a la clasificación introducida en [1]) se considera un escenario de diseño dado por una hora pico compuesta por este tipo de aeronaves.

La demanda aeronáutica de pistas estará compuesta por la demanda desde el espacio aéreo tendiente a obtener una ventana espacio-temporal para el aterrizaje en el aeropuerto, y, por otro lado, por aeronaves que buscan despegar e integrarse al espacio aéreo desde el aeropuerto, demandando una ventana espacio-temporal a tal fin.

Los tiempos de separación de aeronaves en despegues y aterrizajes encuentran su origen en la aplicación de criterios de seguridad que imponen un determinado ritmo de operaciones que garantiza la disminución de la energía de vórtices y estelas tras el paso de las aeronaves. El criterio de separación de seguridad adoptada es de 3 millas náuticas.

Para el rodaje en pista para aterrizajes se consideran desaceleraciones máximas en condiciones de un proceso confortable para el pasajero, de $1,98 \text{ m/s}^2$, que se corresponde a una posición intermedia de los sistemas convencionales del denominado *autobrake*. OACI [4] establece una deceleración media mínima de $1,52 \text{ m/s}^2$.

La operación de despegue incluirá el rodaje de entrada a pista desde el ingreso a la zona de seguridad de pista hasta el posicionamiento en cabecera. Esta operación incluirá el frenado total de la aeronave en cabecera, a valores de desaceleración de acuerdo a los mencionados en el caso de aterrizajes. Se considerará un valor típico de 35 s, que incluye una espera de 5 s previo inicio de la aceleración de despegue, el cual se aplicará para todos los casos.

La operación de despegue que se considerará a los fines del cálculo de tiempo de uso de la infraestructura incluirá una aceleración constante, que, en forma conservativa, se asumirá como de 2 m/s^2 en promedio hasta abandonar la pista, superando en el transcurso la maniobra de rotación. La longitud de pista del escenario operativo de uso de pista es de 2.100 m.

El uso de calles de rodaje de salida de pista para los distintos escenarios dependerá de las necesidades operativas de cada aeronave. Para esta evaluación se consideró la información de las aeronaves características para cada categoría provista por sus constructores en sus correspondientes de planificación aeroportuaria.

Las velocidades de rodaje en rectas están sujetas al criterio del piloto, a reglas de operaciones en tierra definidas las aerolíneas y a la normalización que impone el aeropuerto. En particular la situación de rodaje suele estar ajustada para respetar la rampa térmica de enfriamiento de motores que impone 5 minutos de marcha lenta. Se adoptará una velocidad de 30 km/h como valor medio. Para situaciones de rodaje que incluyan cruces de pistas o rodajes se considerará frenado total.

El sistema de plataformas que se considerará contempla la plataforma comercial de pasajeros, la cual consta de 44 puestos de estacionamientos para aeronaves tipo C. El tiempo que se considerará como tiempo de ocupación de puestos será fijará en función de las categorías de las aeronaves. Se adoptará para esta determinación el cómputo del tiempo que tome una aeronave, desde el momento que este ha sido reservado y asignado en rodaje, hasta que quede el puesto de estacionamiento disponible para su reasignación. Los tiempos de ocupación están compuestos por el tiempo de ocupación de registros históricos, procesados de acuerdo con distintos criterios que permitan caracterizar los tiempos de servicio. El objeto de la determinación de tiempos de servicio es la determinación de un valor temporal característico que considere los tiempos operativos para que una aeronave atraque, cambie de carga y sea provisto de los servicios que necesite, y abandone el puesto para el despegue. Se adopta este criterio puesto que los puestos en plataforma deberían operarse de esta manera desde la lógica operativa y económica de la plataforma en un escenario de demanda cercana a la saturación práctica del sistema.

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

Método AC 150-5060/5

Esta determinación supone que: arribos y partidas se reparten balanceadamente, que el porcentaje de operaciones de *Touch and Go* se encuentra en los límites de lo impuesto por el índice de mezcla, que existe un rodaje paralelo a las pistas consideradas de toda su longitud, suficientes salidas y entradas sin problemas de cruce entre rodajes, que el aeropuerto tiene instrumentación ILS en al menos una pista y tiene los servicios e infraestructura de ATC para llevar adelante operaciones bajo control radar.

Se considerarán para todos los escenarios operativos la utilización exclusiva de operación IFR, siendo esta más conservativa y la más frecuente en la operación de SABE.

El porcentaje de operaciones de aeronaves tipo C y D, deviene a los fines de este proceso en el denominado índice de mezcla [1], cuya fuente son los valores globales históricos. El índice que surge de considerar un 93,56 % de aeronaves tipo C, y un 0,03% de aeronaves tipo D, es de 94%.

Para la configuración de pista y la caracterización de demanda realizada, los índices que se determinan son el porcentaje de arribos al respecto de partidas, del 50%, y la proporción de operaciones de *Touch and Go*, del 0% en la hora pico. Estas hipótesis, en concurrencia con la configuración del sistema de pistas y calles de salida de SABE, determinan de acuerdo al método de referencia una capacidad horaria base de 55 operaciones / hr, y un factor de salida de 0,92. Estos índices dan como resultado una capacidad horaria de pista de 50 operaciones / hr.

Se considerará que la totalidad de los puestos de estacionamiento para aeronaves comerciales deberán ser tipo C. La determinación de la capacidad base se deberán hacer a partir de la utilización de los gráficos de referencia, extrapolados a los tiempos de ocupación determinados para el caso que nos ocupa. La capacidad de la plataforma de pasajeros será el producto entonces de la cantidad de puestos de estacionamiento, 44 unidades, la capacidad base dada por el tiempo de ocupación de 60 minutos, que resulta en un factor 2, y un factor de tamaño, que resulta unitario. La capacidad que surge entonces es de 88 operaciones / hr.

A los fines del cálculo de la capacidad práctica el método aporta gráficos que relacionan la relación demanda / capacidad, con la demora promedio en las operaciones, dependiendo del tipo de mezcla de aeronaves. Este gráfico muestra una notable similitud con la formulación analítica de teoría de colas en cuanto a la morfología de las funciones que expresa. El factor que surge para el caso de estudio es de 0.98. Es posible determinar entonces una capacidad práctica de pistas de 49 operaciones / hr.

La Tabla 1 presenta un resumen de las capacidades determinadas según este método.

Tabla 1 - Resumen de capacidades para SABE según el método FAA AC –150-5060-6

Componente de la infraestructura aeroportuaria	Método FAA AC –150-5060-6	
	Capacidad, op/hr	Capacidad práctica, op/hr
Sistema de Pistas	50	49
Sistema de Rodajes	-	-
Sistema de Plataforma	88	-

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

Método analítico

La metodología analítica supone analizar la capacidad y las demoras asociadas a las condiciones de operación y demanda de cada uno de los componentes de la denominada parte aeronáutica, y asociarlos en una serie de sistemas de colas y esperas. Específicamente, este análisis se basa en la definición de los siguientes parámetros: patrón de llegada de la demanda, patrón de servicio y capacidad, disciplina de espera, capacidad del sistema, canales de servicio, etapas de servicio. La metodología para la evaluación de demora y capacidad se basa en la llamada teoría de colas, rama de investigación operativa, la cual permite el estudio de líneas de espera permitiendo el análisis de varios procesos interrelacionados.

El análisis de cada componente, pista, sistema de rodaje, plataforma y puestos de estacionamiento, con sus condiciones de operación, resultará en un valor de capacidad teórica de servicio por hora.

Como criterio general, los datos de entrada para los cálculos de capacidad serán todos aquellos procedimientos y condicionamientos en la operación de la aeronave en el contexto físico, operacional, climático y legal.

A los fines del cálculo de la capacidad de la parte aeronáutica del sistema aeroportuaria considerado se calcula la capacidad de cada componente. La capacidad del sistema será la consecuencia del equilibrio operativo de aeronaves en todo el sistema para cada escenario considerado.

Los parámetros en términos operacionales implicados en el cálculo de capacidad son:

- Tiempo de separación entre aterrizajes consecutivos, despegues consecutivos, aterrizajes seguidos de despegues y despegues seguidos de aterrizajes para los distintos tipos de aeronaves (en función de la estela que generan) y condiciones meteorológicas.
- Gestión de las colas de despegue en las operaciones de salida.
- Normas y procedimientos de utilización del sistema de rodaje.
- Normas y procedimientos de utilización del sistema de plataformas.
- Detalle operativo de uso de puestos (remolque, servicios).
- Tiempos de ocupación por puesto.

Los tiempos operativos calculados en función de la cinemática de las operaciones de aeronaves se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 - Tiempos operativos - Pista 13

Tipo de aeronave	Aterrizajes, s	Despegues, s	Distanciamientos por procedimientos, s	Distanciamientos operativos, s
A/B	83	90	120	173
C	82	90	120	150

Las operaciones seguirán la lógica que sigue. Si el tiempo operativo en aterrizaje de una dada aeronave sumado al tiempo operativo de una dada aeronave en despegue es menor a la separación mínima entre aeronaves en aterrizaje, entonces, es posible intercalar operaciones de despegues entre aterrizajes. En caso contrario, los tiempos operativos sumados contemplarán las separaciones mínimas.

El porcentaje de operaciones C y A/B en despegue obtenidas del registro de movimientos de aterrizaje se lo asimilará a la probabilidad de despegues de aeronaves consecutivas. De esta manera, las probabilidades en despegues consecutivos serán: $P_{CA} = 0,03$, $P_{CC} = 0,97$, $P_{DD} = 0$.

La capacidad de pista será entonces: $C_p = 60 \text{ min} / (0,5 P_{CA} 173 \text{ s} + 0,5 P_{CC} 150 \text{ s}) = 48 \text{ op} / \text{hr}$.

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

El sistema de rodamientos estará compuesto por los rodamientos de vinculación con la pista, los rodajes paralelos al sistema de pistas, y los rodajes en plataforma. Se considerarán las condiciones operativas de circuitos de rodajes que adoptarán el nombre de los rodajes de vinculación con el sistema de pistas. En particular, para el caso de análisis, pista 13, se considerará entre otros el circuito dado por la salida R1E, su conexión con el rodaje paralelo hasta el entorno del centro geométrico de la plataforma. De esta misma manera se considerará el rodaje R2E y R5E.

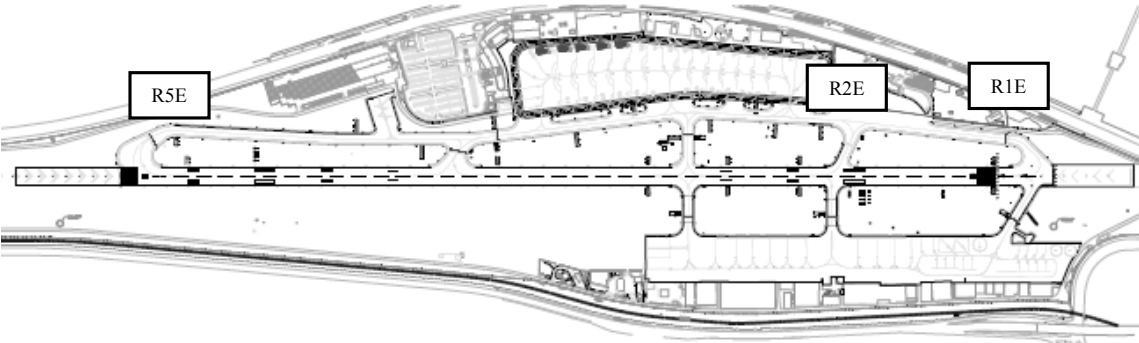


Figura 2 – Esquema del sistema de rodajes de SABE

Los tiempos operativos para la utilización de los rodajes se presentan en la Tabla 3. Estos tiempos de servicio fueron convalidados con mediciones experimentales.

Tabla 3 – Sistema de Rodajes – Capacidad

Denominación de Circuito	Tiempo de desplazamiento, s	Capacidad espacial de alojamiento (canales)	Capacidad, op/hr
R2E	155	3	51
R1E	318	4	79
R5E	321	3	80

La capacidad de plataforma debe contemplarse como la capacidad que esta tiene de proveer puestos de estacionamiento a aeronaves entrantes mientras se hacen disponibles puestos de aeronaves salientes. Esta disponibilidad depende por tanto del tipo de aeronaves entrantes y salientes. Tanto en aterrizajes como en despegues, cada aeronave saliente dejará disponible la capacidad necesaria para una aeronave entrante. Por tanto, la capacidad de la plataforma será la cantidad de puestos para aeronaves para cada tipo de aeronave afectada por el factor de utilización de esa aeronave en el aeropuerto, como se muestra en la Tabla 4. El tiempo de ocupación medio incluye la circulación media en plataforma, la ocupación del puesto, el remolque de salida, y el rodaje de salida de plataforma.

Tabla 4 – Plataforma – Puestos de Estacionamiento – Capacidad

Número de puestos de estacionamiento para aeronaves tipo C	Tiempo de ocupación medio, min	Capacidad, op/hr
44	60	88

La evaluación de la capacidad para 4 minutos de demora da como resultado el valor de las capacidades prácticas.

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

La construcción de la demanda, la cual condiciona la demora del sistema en un escenario determinado, supone asumir distribuciones de tiempos en la llegada de cada unidad de demanda. De esta manera, se considerarán tiempos entre arribos en aterrizaje con distribución exponencial con media λ , y tiempos de servicio con media μ_i , para cada componente i del sistema. Se supone, por otro lado, que el orden de atención reproduce el orden de llegada en la cola.

Considerando las definiciones realizadas es posible calcular la demora en determinado lapso de tiempo frente a determinada situación de demanda.

Para el análisis del sistema se lo considerará como una red de Jackson. En términos de la espera cada etapa se comporta de modo independiente. La espera total del sistema será la suma de las esperas generadas.

Por otro lado, si se consideran 4 minutos promedio de demora por operación, existirá, en virtud de la distribución estadística asignada (exponencial) a la demanda aeronáutica y al servicio por parte de las infraestructuras, y un nivel de confianza de que las aeronaves no superen un nivel dado de demora por operación, una determinada capacidad de absorber demanda. La capacidad práctica de pista queda definida en este caso como 42 op / hr.

La Tabla 5 resume las capacidades que corresponden a las distintas infraestructuras contempladas en el método mencionado.

Tabla 5 - Resumen de capacidades para SABE según el método analítico

Componente de la infraestructura aeroportuaria	Método Analítico	
	Capacidad, op/hr	Capacidad práctica, op/hr
Sistema de Pistas	48	42
Rodaje R1E	79	72
Rodaje R2E	51	45
Rodaje R5E	80	74
Sistema de Plataforma	88	82

Simulación Numérica

Para la evaluación de la capacidad práctica del aeropuerto se utilizó el software SIMMOD.

SIMMOD es un modelo de simulación del espacio aéreo y de aeropuertos basada en el análisis de la operatividad sobre la base de escenarios de tráfico. Este software es un modelo de simulación de eventos por pasos que traza el movimiento de aeronaves bajo normas de procedimiento establecidas, en modelos de espacio aéreo y de aeropuerto. Esta herramienta modela la infraestructura aeroportuaria y el espacio aéreo en una estructura rígida de nodos y enlaces por la que se mueven e interactúan las aeronaves). Esta herramienta ha sido utilizada y validada en las últimas décadas a nivel mundial y representa una herramienta consolidada como referencia en el área temática.

En la Figura 3 se presenta un esquema simplificado del modelo del aeropuerto, de acuerdo a las herramientas de modelización geométricas que se disponen a tal fin. La Figura 4 muestra la representación geométrica del aeropuerto en contraste con fotografías aéreas de las zonas de puestos de estacionamiento.

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

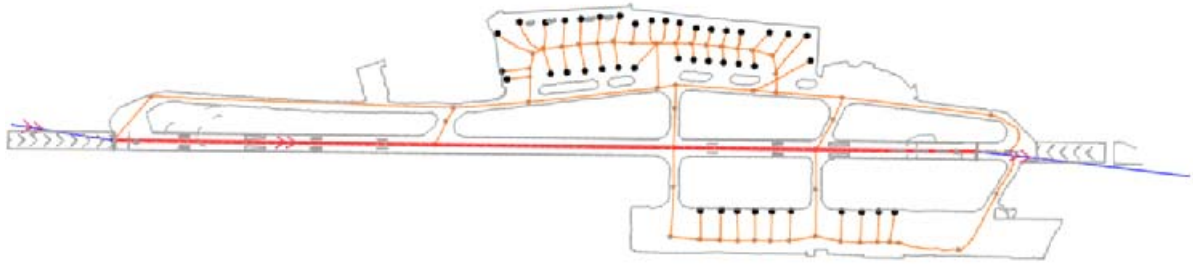


Figura 3 – Esquema del sistema aeroportuario de SABE de acuerdo a las herramientas de modelización de SIMMOD

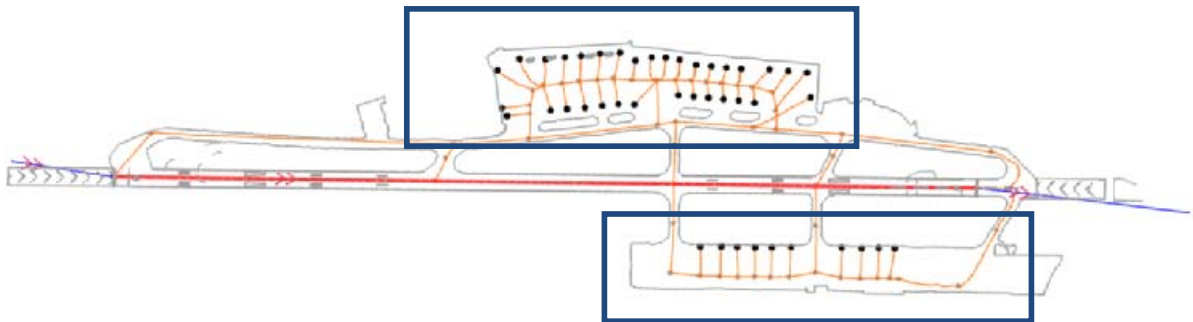


Figura 4 – Detalle de las plataformas del sistema aeroportuario de SABE de acuerdo a las herramientas de modelización de SIMMOD

Los resultados que ofrece la herramienta son consecuencia del cómputo de los eventos que se registran en cada nodo del sistema a lo largo del tiempo.

Las hipótesis adoptadas para la simulación del aeropuerto fueron que las operaciones se realicen exclusivamente por Pista 13 de acuerdo al escenario operativo que se registra en los datos históricos relevados. Se adoptó como tráfico de demanda uno compuesto por aeronaves del tipo Boeing 737, que

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

puede definirse como típica del aeropuerto, con una distribución de operaciones de aterrizaje y despegue de 50%, sin operaciones de Touch & Go. La separación de las aeronaves en el espacio aéreo modelado respondió a los mínimos adoptados en los anteriores análisis que corresponden a 3 millas náuticas, que responde a prácticas y convenciones de la administración del espacio aéreo del aeropuerto, para el tipo de demanda.

Esta demanda se ordenó de manera de generar un escenario de demanda en una hora de operación, partiendo de un estado de ausencia de demoras, para computar en función del aumento de operaciones la demora promedio por operación.

El modelo del espacio aéreo y de la parte aeronáutica del aeropuerto usado en la simulación responde a la composición de recorridos y normas procedimentales a partir de nodos vinculados a través de las cuales las aeronaves emulan las operaciones aeroportuarias.

La política de uso de la infraestructura aeronáutica adoptada y asignación de recursos no contempló restricciones asociadas a líneas aéreas vinculadas a las operaciones. El tipo de puesto de estacionamiento considerado respondió al tipo de aeronave que compuso la demanda. No se consideraron movimientos de aviación general.

Los arribos se considerados ordenados en una cola de aproximaciones asociados a la ruta del espacio aéreo adoptado. Las salidas se ordenaron en una cola de espera asociada a la cabecera 13 del sistema de pistas.

El método utilizado para la obtención de resultados fue la simulación de distintos escenarios de demanda obteniendo distintas demoras. Esta demanda tuvo como objeto determinar una capacidad dada para un nivel de servicio dado (4 minutos por aeronave) desde una situación inicial de demanda mínima de la infraestructura.

El resultado de las simulaciones arrojó un valor de 43 operaciones para una demora de 4 minutos. Esta limitación estuvo impuesta por la pista. Por otro lado la utilización de puestos de estacionamientos fue menor a la capacidad disponible.

La simulación numérica arroja valores de demora para un determinado escenario operativo, explicitando la demora generada en cada componente, pero estableciendo soluciones de equilibrio basada en las limitaciones del elemento más restrictivo, lo que resulta desde ya esperable. Por esta razón permite evaluar la capacidad de términos de la posibilidad de su utilización en el entorno de la red de vinculaciones que componen el área de movimientos, mostrando equilibrios que manifiestan las capacidades prácticas de la infraestructura más restrictiva.

Los resultados que se obtienen de las simulaciones numéricas se encuentran recogidos en reportes donde se sintetiza información con idéntico origen (el movimiento discreto de cada aeronave por la red de nodos en el transcurso del tiempo) mostrando distintos índices de desempeño de la interacción entre demanda aeronáutica e infraestructura. El objeto del presente trabajo no versa sobre el análisis de estos resultados, sino en el análisis de la denominada capacidad práctica.

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

CONCLUSIONES

Habiéndose desarrollado tres métodos de evaluación de la capacidad práctica de SABE, se puede ver en la Tabla 6 los resultados arrojados por cada uno de ellos.

Tabla 1 - Resumen de capacidades prácticas para SABE según los métodos utilizados

Infraestructura	Método AC 150-5060/5	Método Analítico	Simulación Numérica
Sistemas de Pistas	49 ops/h	42 ops/h	43 ops/h
Rodaje R1E	-	72 ops/h	-
Rodaje R2E	-	45 ops/h	-
Rodaje R5E	-	74 ops/h	-
Sistema de Plataforma	-	82 ops/h	-

Se puede observar que existe correspondencia entre los valores que se obtuvieron por los distintos métodos. El método analítico, conjuntamente con la simulación numérica, arroja valores más conservativos que el método AC 150-5060/5.

También puede observarse que el esfuerzo para la aplicación del modelo es creciente para los tres modelos desarrollados, a saber método AC 150-5060/5, método analítico, y simulación numérica. El nivel de especificidad de la estimación también va en aumento en el mismo sentido.

Puede verse que el método analítico permite determinar de forma rápida capacidades prácticas de cada infraestructura asociada a la operación de las aeronaves, de manera de hacer posible la estimación de conflictos en la operatividad. Este hecho es consecuencia de la posibilidad de comparar cada infraestructura separadamente en términos de capacidad, pudiendo establecerse distintos escenarios de restricción operativa en función de la ampliación de las distintas infraestructuras.

La simulación numérica permite obtener el resultado de operaciones sucesivas específicas, obteniendo como resultado una diversidad de índices que caracterizan la infraestructura y permiten la planificación estratégica. Esta herramienta es esencial para la optimización de las operaciones aeroportuarias, por cuanto permite medir el efecto causal de las variantes operativas. No obstante, la capacidad práctica que arroja el modelo es idéntica a aquella que arroja el modelo analítico. En particular, en el caso que se analiza, Aeropuerto SABE, esta capacidad práctica se encuentra definida por la capacidad de la pista de absorber operaciones aeronáuticas con despegues y aterrizajes consecutivos intercalados. Esta capacidad, a su vez, se encuentra definida por la relación entre la separación entre aeronaves en el espacio aéreo (considerada en este caso como 3 millas náuticas) y el tiempo de la operación de despegue. En cualquiera de los dos modelos se considera idéntica situación operativa, lo cual hace esperable el resultado.

El método tabulado en AC 150-5060/5 supone condiciones de operación predefinidas, sobre la base de información extraída de una población estadística que corresponde EUA en determinada época. Por tanto supone ciertas variables implícitas, que no necesariamente son aplicables cualquier aeropuerto.

En cualquier caso representa una herramienta formidable de estimación en primer término, por cuanto las variaciones referidas corresponden a ajustes de segundo orden de magnitud.

Se puede concluir que los tres métodos expuestos son complementarios. Permiten la caracterización gradual de la infraestructura aeroportuaria, con escalas de esfuerzos graduales.

Piechocki, Di Bernardi y Ramírez Díaz - Estudio Comparado de Modelos de Capacidad Aplicado - SABE.

Al respecto de la capacidad práctica del Aeropuerto SABE este corresponde al orden de 42 operaciones hora, para aeronaves del tipo Boeing 737, lo cual supone un límite que sólo puede transponerse generando una degradación del servicio que impactarán en la demora acumulada de las operaciones.

REFERENCIAS

- [1] AC 150-5060-6. Federal Aviation Administration, EUA.
- [2] St. Paul International Airport. "MSP Airfield Simulation Analysis Technical Report. Minneapolis". HNTB, EUA, 2011.
- [3] Fricke H., Schultz M. "Delay Impacts onto Tunaround Performance. Optimal Time Buffering for Minimizing Delay Propagation. USA/Europe Air Traffica Management Research and Development Seminar. 2009.
- [4] ICAO. "Manual de Proyecto Aeródromo – Calles de Rodaje, plataforma y apartaderos de espera" Doc 9157-AN/901, 2013.

SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS EN AEROPUERTOS DEL SNA Y SU RELACIÓN CON SUS ENTORNOS

Sergio Pitrelli^a, E. Alejandro Puebla^a, Rogelio Faut^a, Pedro Monteagudo^a, Alejandro Herrón^a

^aGrupo de Transporte Aéreo GTA – UID “GTA-GIAI” - Departamento de Aeronáutica,
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina
Calle 116 s/n e 47 y 48, (1900) La Plata, Argentina
Email: spitrelli@gmail.com

RESUMEN

El objeto del presente es evidenciar la relación existente entre los aeropuertos del SNA, su emplazamiento y entorno, a través de las servidumbres aeronáuticas, específicamente las superficies limitadoras de obstáculos (SLOs).

En el presente se analizan casos de afectación a través de las SLOs, considerando las áreas proyectadas sobre el terreno por estas SLOs tanto dentro como fuera del predio aeroportuario, prestando especial atención a las áreas urbanizadas en la proyección de las dichas superficies.

Básicamente se presentan casos donde se observan situaciones particulares que pueden generar riesgo a la seguridad operacional. Por otra parte se generan discusiones sobre la disociación entre las servidumbres de referencia y la situación actual de los desarrollos urbanos según los ejidos publicados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Finalmente se presentan algunos indicadores sobre la relación de incumbencias respecto del control de obstáculos en las áreas proyectadas por las SLOs y también la necesidad de especial control en determinadas áreas que en función del desarrollo de la mancha urbana pueden representar un riesgo para la seguridad operacional.

El desarrollo se realiza en función de la experiencia de trabajos desarrollados en la UID GTA-GIAI y de las normativas de aplicación dada por la Organización Aviación Civil Internacional.

ABSTRACT

The purpose of this publication is to show the relationship between the surroundings and location of the airports of the National Airport System, applying the obstacle limitation surfaces (OLS).

Cases of interference are analyzed through the obstacle limitation surfaces (OLS), considering the projected areas on the ground by the OLS both inside and outside the airport perimeter, and paying special attention to the urbanized areas in the projection of such surfaces.

Basically, cases where there are specific situations that may create a risk to safety are presented. On the other hand discussions are generated about the dissociation between the aeronautical reference servitude and the current situation of the urban areas published by the Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Finally some indicators are presented about the relationship between the responsibilities over the obstacles on the projected areas by the OLS, and also the need of special control on certain areas, according to the urban areas developments that may become a risk to safety.

This paper is written based on the UID GTA-GIAI (Investigation and Development Unit) experience and the ICAO standards.

Palabras claves: Entorno, afectación, CoU, seguridad operacional, SLOs.

INTRODUCCIÓN

Los medios de transporte son sistemas complejos en los cuales existen relaciones dinámicas entre ellos y los entornos a los cuales sirven, una de dichas relaciones es la marcada tendencia al crecimiento urbano en la inmediaciones de los nodos de transporte.

Los transportes ya sean por tierra, por agua o por aire tienen sus características propias y en función de ellas es que se establecen regulaciones para su buen funcionamiento, las mismas suelen ser, desde pequeños procedimientos hasta grandes normas amparadas bajo leyes que las fundamentan. Estas reglamentaciones no deben ser perdidas de vista bajo ninguna circunstancia cuando se planifica, diseña, construye y explota una infraestructura.

El presente documento trata de evidenciar algunas situaciones que se generan en los aeropuertos del sistema nacional de aeropuertos (SNA) de Argentina centrándose en la relación que existe entre los mismos y su entorno según el lugar de emplazamiento y tomando como nexo a las SLOs establecidas en el Anexo 14(OACI) [1].

Las SLOs son superficies complejas cuya finalidad es definir el espacio aéreo libre de obstáculos alrededor de los aeropuertos para que puedan llevarse a cabo las operaciones con seguridad y evitar penalizar o inutilizar los aeródromos por obstáculos en el entorno. Marcan los límites hasta donde los objetos pueden proyectarse en el espacio.

Las extensiones de las mencionadas superficies hacen necesario que deban ser consideradas por los planificadores que intervienen en la redacción de los Códigos Urbanos (CoU) ya que su desconocimiento podría provocar limitaciones en la operación, limitaciones de capacidad de las infraestructuras aeroportuarias y problemas de seguridad operacional.

Cabe mencionar que este trabajo está planteado para el tratamiento del conjunto de aeropuertos, prestando especial atención a algunos casos particulares que por sus características son de interés para el análisis.

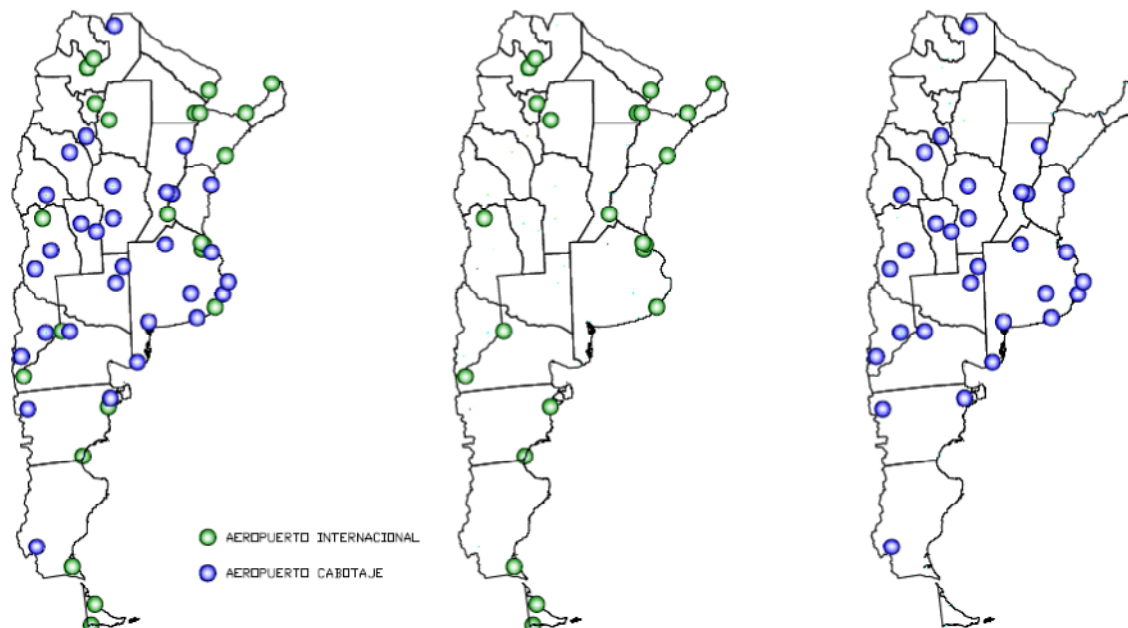


Figura 1. Aeropuertos de Estudio (SNA).

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

METODOLOGÍA

Bajo la premisa de poder analizar el conjunto de los aeropuertos ha sido necesario establecer ciertas hipótesis de partida, las cuales se detallan a continuación.

Hipótesis de desarrollo:

Las hipótesis sobre las que se ha basado el presente son las siguientes:

- Se adoptó una longitud de pista básica de 2.500 metros de aplicación general.
- Pistas de uso simétrico, tanto para aproximación como para despegue.
- Pistas de aproximación de precisión CAT I.
- Se consideran las superficies más restrictivas producto de la combinación de operaciones.
- El eje de pista es de pendiente cero.
- La modelización de las SLOs se implantan en el baricentro de la pista.

Fuentes de información utilizadas

- Instituto Geográfico Nacional (República Argentina)
- Censo Nacional 2010 (INDEC)
- Superficies topográficas se han obtenido de servicio WMS SRTMworldwideelevation data
- Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos (ORSNA)

Normativa de referencia

Normativa OACI (Organización de Aviación Civil Internacional)

DESARROLLO

La metodología del trabajo está basada fundamentalmente en el procesamiento de datos georeferenciados por medio de software GVSIG.

Primeramente se han analizado cada una de las pistas de los aeropuertos del SNA, se ha adoptado como primera aproximación una pista básica y aproximaciones uniformes, para determinar las superficies afectada por la proyección de las SLO y con esto determinar el área de influencia en cada aeropuerto.

En primera instancia bajo ésta proyección se analiza la zona donde la población está limitada para la construcción de infraestructuras, para evitar afectar la operatividad y la seguridad operacional de las aeronaves que usan ese aeropuerto.

En segunda instancia se analiza la posibilidad de penetración de las SLOs dado por la topografía natural del entorno.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

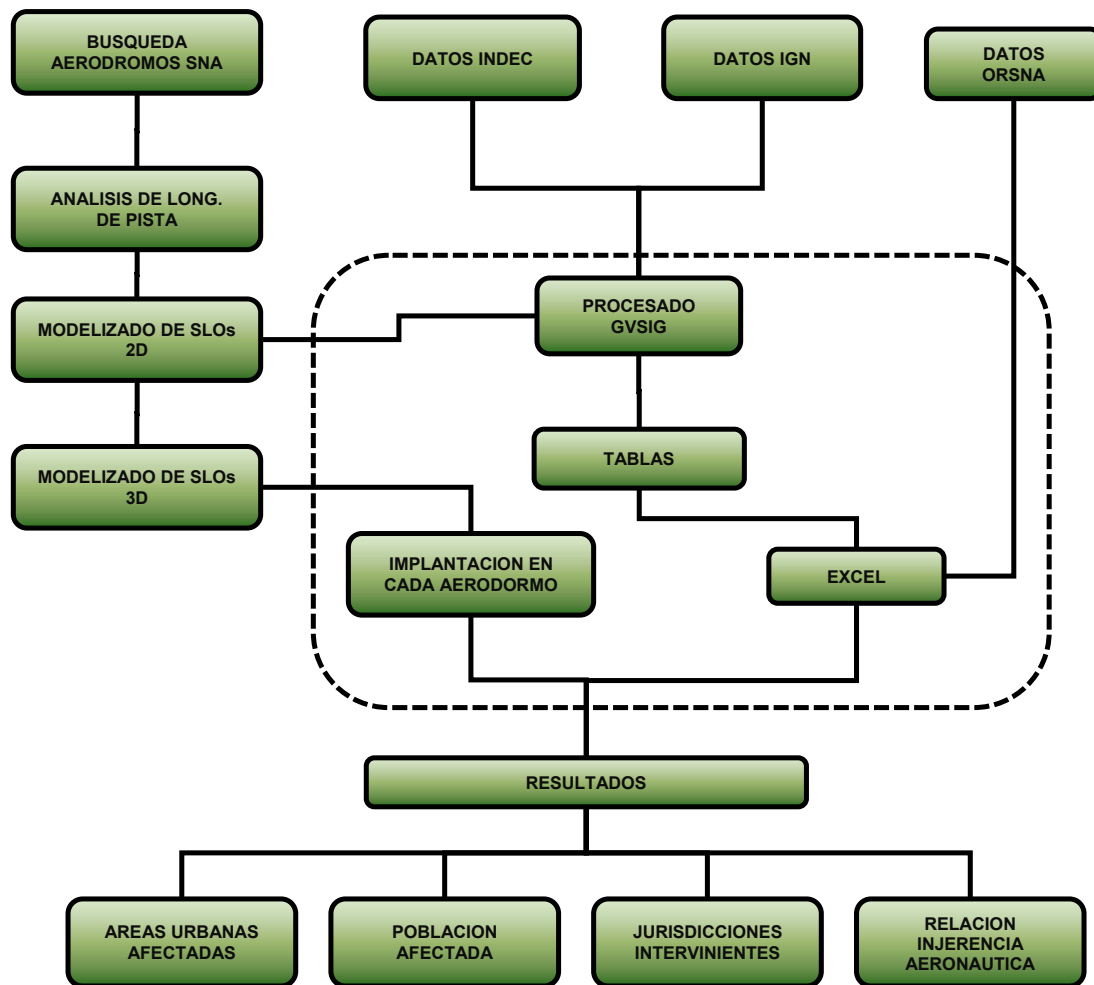


Figura 2. Diagrama de proceso.

Para el cálculo de la población y superficie urbana afectada se crea un modelo de plantilla donde se adopta la envolvente de las SLO, aplicadas a una pista de aproximación de precisión CAT I de 2500m, que se obtiene de realizar un relevamiento de las longitudes de pista de los aeropuertos del SNA, y obtener una media representativa. Se adopta una aproximación de categoría ya que se considera que la tendencia de la aviación y los nuevos procedimientos van a requerir la modernización de equipamientos para procedimientos de aproximación y despegue. Así mismo, aplicando una modelización en 3D para el mismo modelo de pista antes mencionado, se realiza una búsqueda de interferencias en las SLO por la topografía natural circundante al aeropuerto.

Como dato particular se observan los resultados obtenidos en un estudio previo (Figura 3, año 2007) que ha realizado el GTA titulado “Diagnóstico y optimización de la situación operativa actual del Aeropuerto Aviador Carlos Campos – Chapelco”, con datos de curvas del IGN, comparando dichos resultados con los obtenidos del presente trabajo (Figura 4) para el caso particular del mismo aeropuerto se observa una gran similitud del patrón de perforación de topografía en ambos casos, con ello se estima que el proceso del desarrollo de los trabajos es válido y se aplica al resto de los aeropuertos del SNA.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

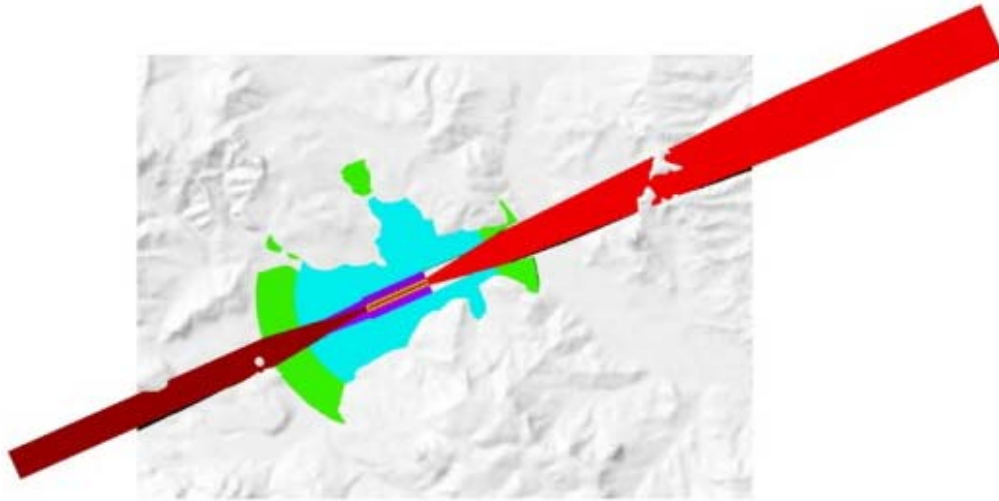


Figura 3. Análisis año 2007 San Martín de los Andes (modelizado, curvas IGN).



Figura 4. Análisis San Martín de los Andes (modelizado SLOs e imagen Satelital)

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Del proceso anterior se pueden obtener los siguientes resultados:

Superficie urbana afectada según ejidos urbanos (IGN)

Según los datos de ejidos urbanos proporcionados por las fuentes mencionadas y con la superposición de las SLOs correspondientes, se obtienen las superficies de las áreas urbanas que se ven afectadas por limitación de alturas, los resultados del mismo se muestran en la siguiente tabla.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

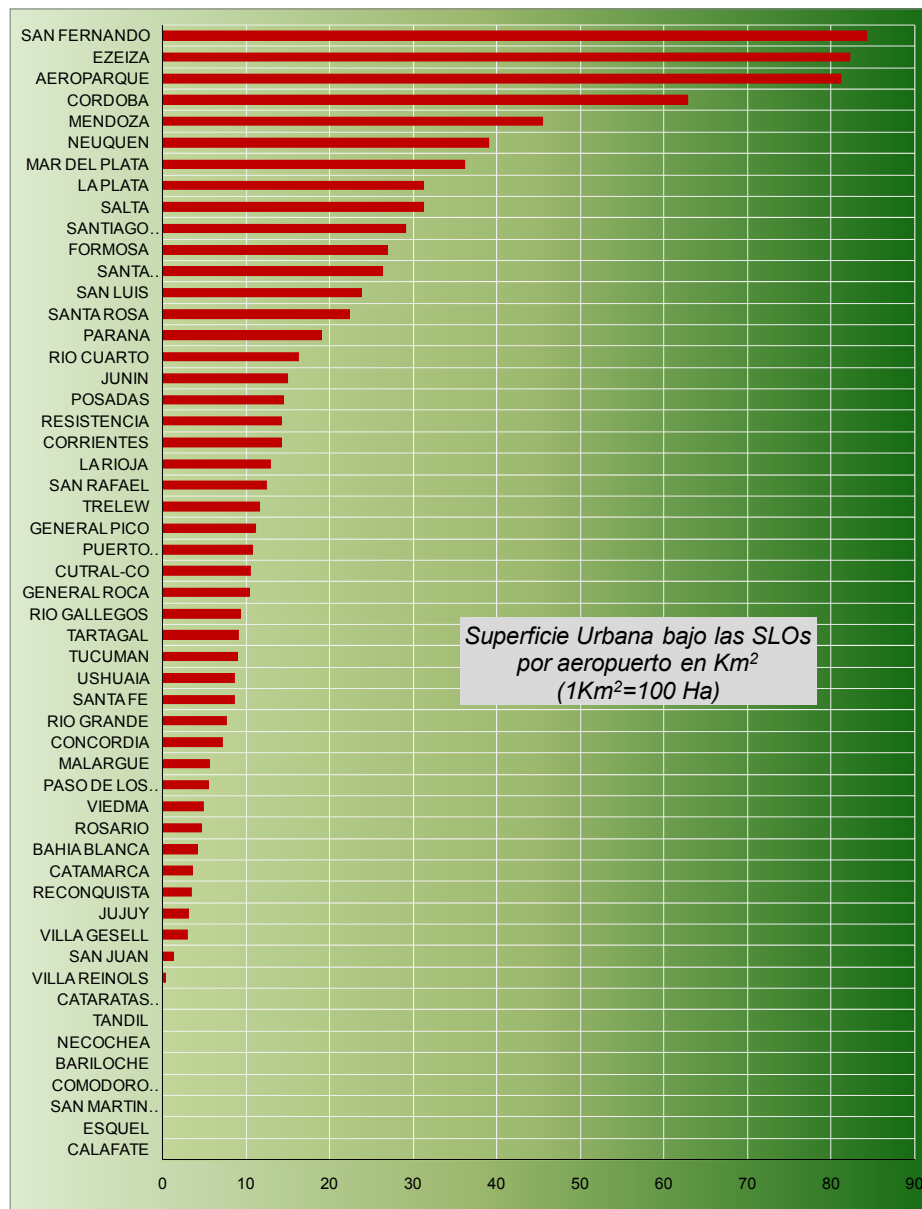


Figura 5. Áreas urbanas afectadas en km².

La Figura 5 indica que los aeropuertos que más superficie urbana afectan son San Fernando, Ezeiza y Aeroparque, los cuales están ubicados en un radio de 30km uno del otro. Es de importancia para la seguridad operacional analizar en estos aeropuertos la liberación de obstáculos en la cercanía inmediata al aeropuerto, es decir en la última fase de la aproximación ya que es la situación más crítica desde el punto de vista de las operaciones de las aeronaves. En el análisis se ha prestado especial atención a los aeropuertos del sistema que tienen superficie urbana localizada en las inmediaciones de la proyección del eje de pista, tal es el caso de Neuquén, que se encuentra en el sexto lugar, y con una superficie urbana afectada de aproximadamente 40km², la población urbana se ha desarrollado en gran medida sobre la proyección del eje.

Como dato particular se observa que la superficie proyectada de las SLOs de los 53 aeropuertos del SNA suman un total de aproximado de 10.900 km², comparados con los 3.745.997 de km² que posee Argentina representan el 0.29% de la superficie total.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

Por otra parte si sumamos las superficies totales de las áreas urbanas afectadas resultan ser 887 km², comparándola con la superficie de la ciudad autónoma de Buenos Aires que es de 200 km² esto representa 4,4 veces la superficie de la misma.

En la Figura 6 se muestra los nueve primeros casos de la Figura 5.

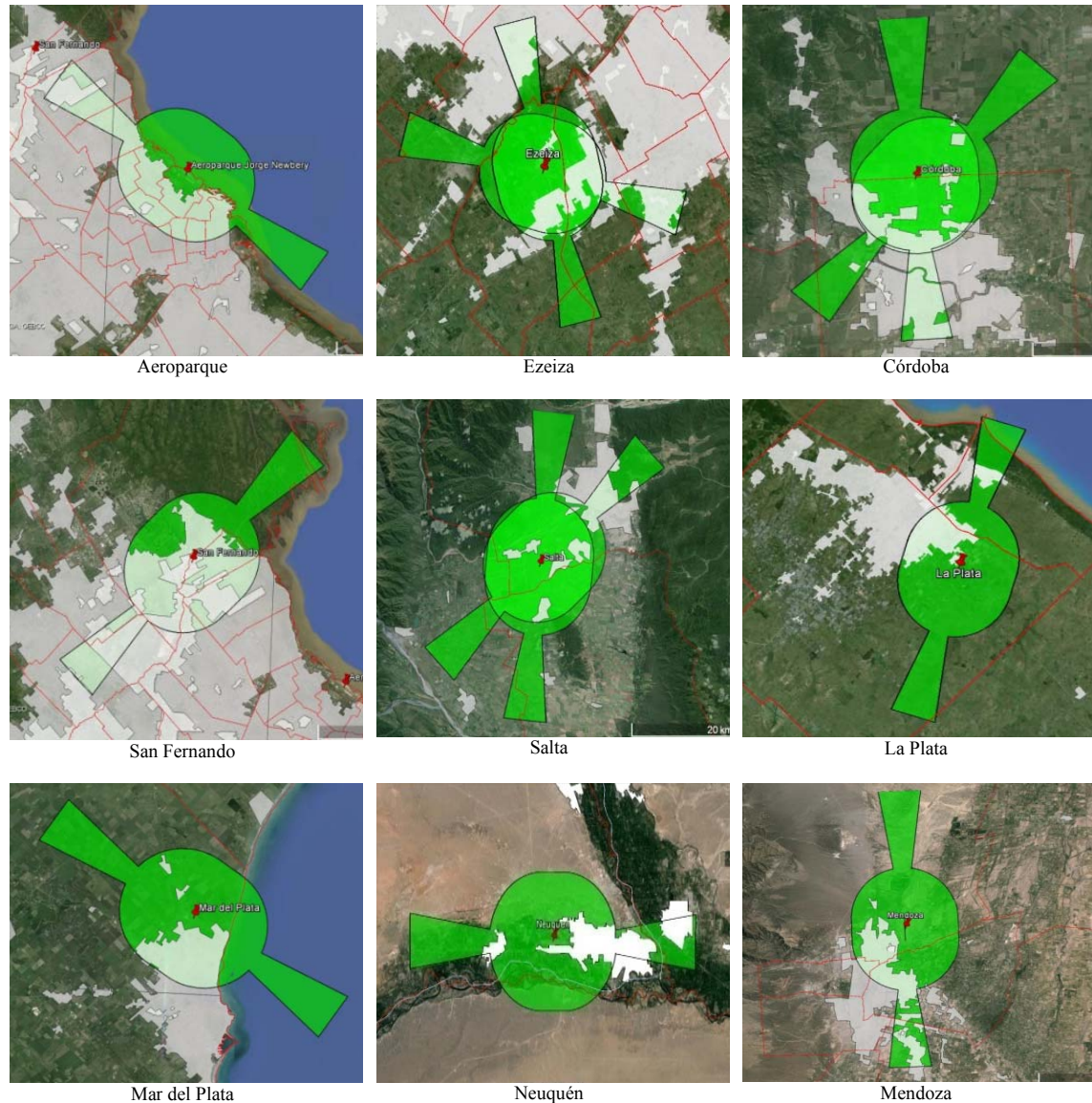


Figura 6. Áreas urbanas afectadas.

Población afectada bajolasSLOs

Siguiendo un procedimiento similar al anterior con los datos de los partidos municipales y teniendo en cuenta los datos de población y densidad se pueden obtener la cantidad de población afectada por las SLOs.

Como dato particular se observa que la población total afectada por las SLOs es de 3.901.957 habitantes, comparándola con la población total de Argentina (40.117.096 habitantes) representa el 9,73%.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

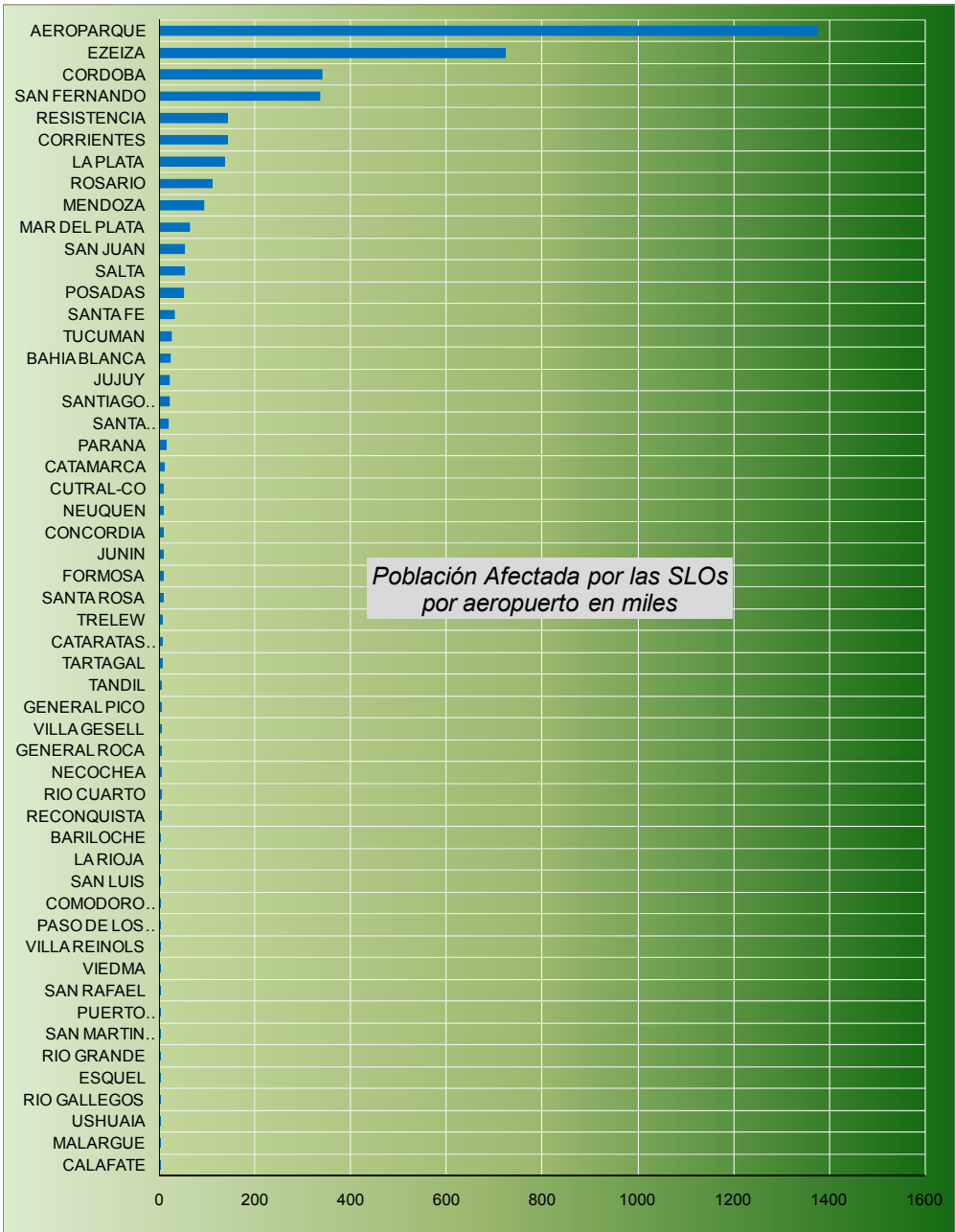


Figura 7. Población afectada en miles

Se puede ver que los aeropuertos con mayor cantidad de población afectada son los del Área Metropolitana de Buenos Aires y Córdoba, entre estos 4 primeros aeropuertos suman aproximadamente 2,5 veces la cantidad de población afectada que el resto del conjunto de aeropuertos del SNA.

Jurisdicciones que intervienen en cada aeropuerto

De la misma forma anteriormente expuesta y superponiendo los partidos, provincias e incluso países limítrofes se pueden observar que las jurisdicciones a las que están sometidas las SLOs de cada aeropuerto son variadas, lo que en algún caso puede representar un obstáculo en sí mismo para reglamentar los CoU.

El resultado del mismo se resume en la Figura 8.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

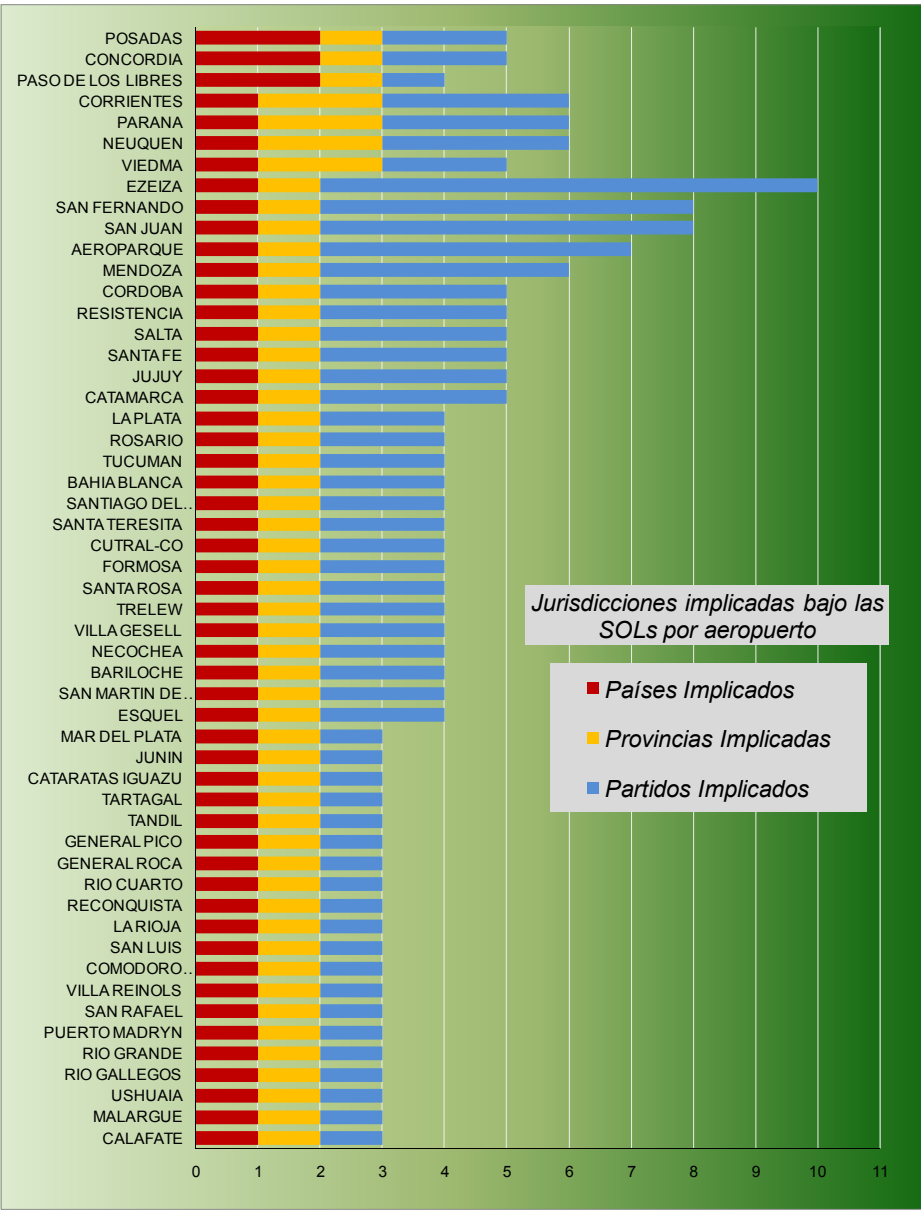


Figura 8. Jurisdicciones implicadas bajo las SLOs.

De la Figura 8 se deduce la importancia que tienen los códigos urbanos de las distintas jurisdicciones y la necesidad de articulación entre unos y otros.

Relación existente entre la superficie del aeropuerto y las SLOs

Según los datos de superficie de los aeropuertos publicados por el ORSNA y haciendo la relación con las superficies de las SLOs se pueden obtener las siguientes relaciones que representan de forma directa la relación de responsabilidad del aeropuerto sobre los obstáculos localizados dentro del aeropuerto con respecto al resto de obstáculos que pudieran existir fuera del predio aeroportuario.

Lo anterior podría verse como un indicador de injerencia propiamente aeronáutica sobre los obstáculos dentro del aeropuerto versus la injerencia civil sobre los obstáculos localizados fuera del mismo.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

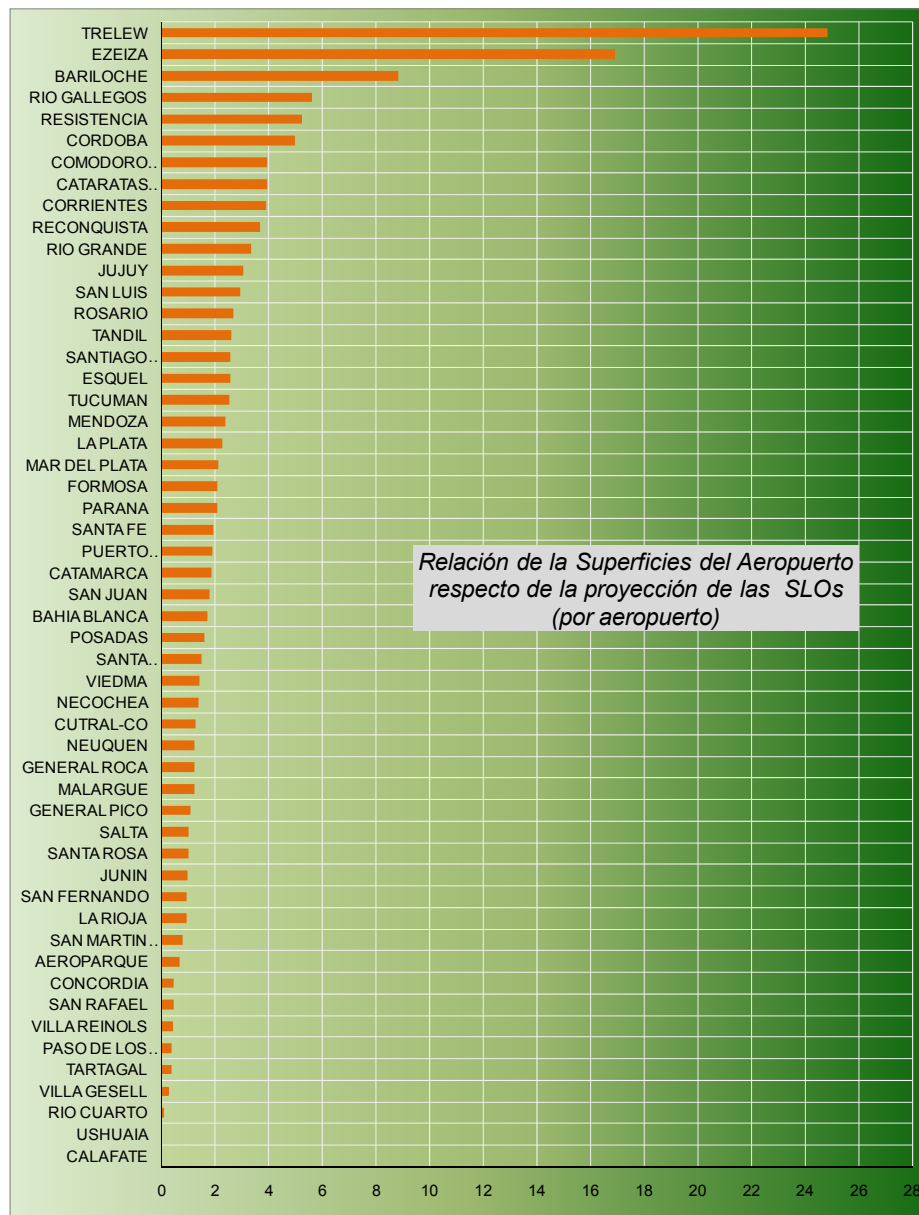


Figura 9. Relación de área a controlar de obstáculos dentro y fuera del aeropuerto.

Se puede ver como resultado de la Figura 9 que en el 95% de los aeropuertos analizados, el 80% de la responsabilidad de los obstáculos son de los alrededores.

Puntos potenciales de posibles conflictos.

Analizando los 53 aeropuertos se pueden observar cuatro conjuntos de casos a tener en cuenta:

- Casos tipo A: Aeropuertos en los que las urbanizaciones se han desarrollado bajo las superficies de aproximación y despegue cercanas a la prolongación del eje de pista.
- Casos tipo B: Aeropuertos en los que las SLOs son penetradas por las topografías del terreno natural.
- Casos tipo C: Aeropuertos en los que se dan simultáneamente los casos tipo A y B.
- Casos tipo D: Aeropuertos en los que no se da ninguno de los casos anteriores.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

Por otra parte podemos clasificar cada uno de los casos anteriores en aeropuertos Nacionales o Internacionales.

Lo expresado anteriormente se puede visualizar en el siguiente grafico.

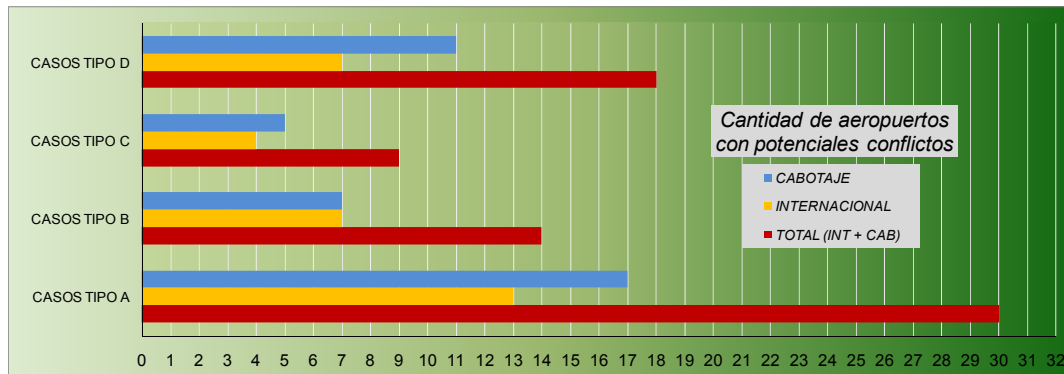


Figura 10. Relaciones de puntos potenciales de posibles conflictos.

Algunos casos de consideración

En las siguientes figuras se muestran algunos de los casos considerados, donde primero se muestran casos particulares de interferencias por la topografía, casos de interés donde la población se ha desarrollado sobre la proyección del eje y casos donde se dan simultáneamente estos dos anteriores.

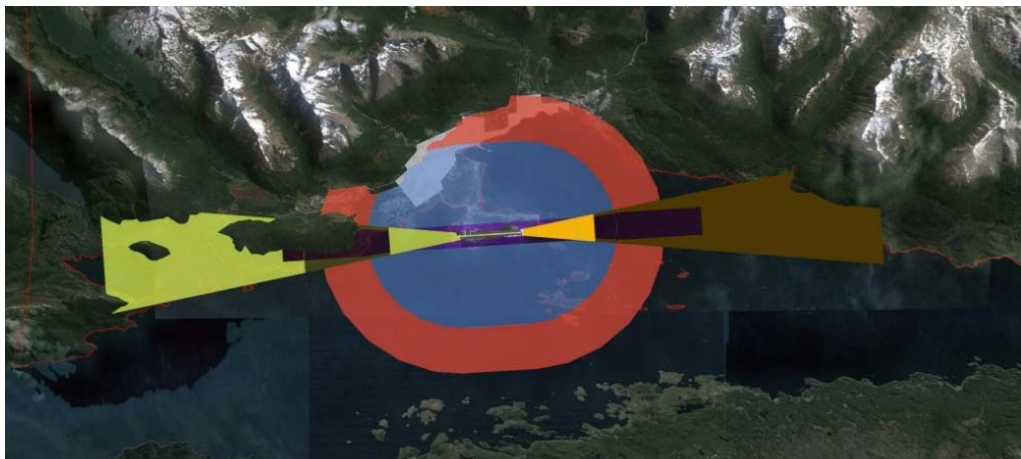


Figura 11. Aeropuerto de Ushuaia.

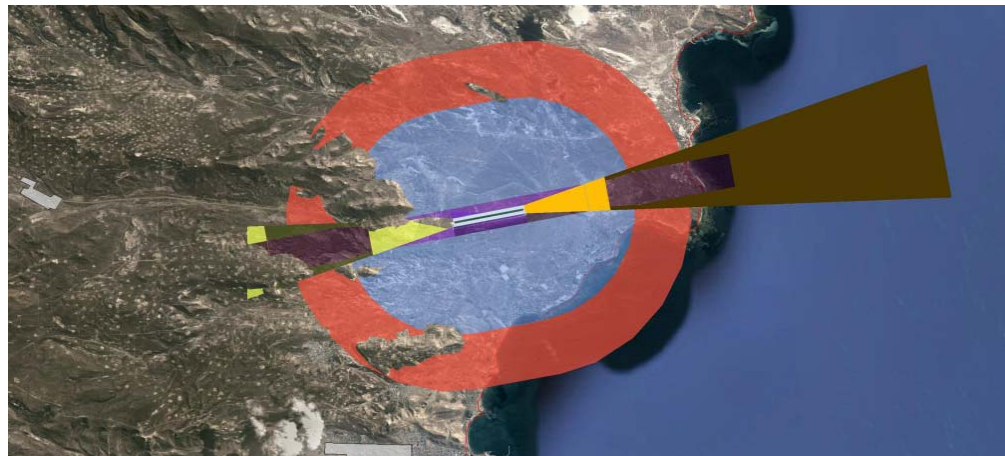


Figura 12. Aeropuerto de Comodoro Rivadavia.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

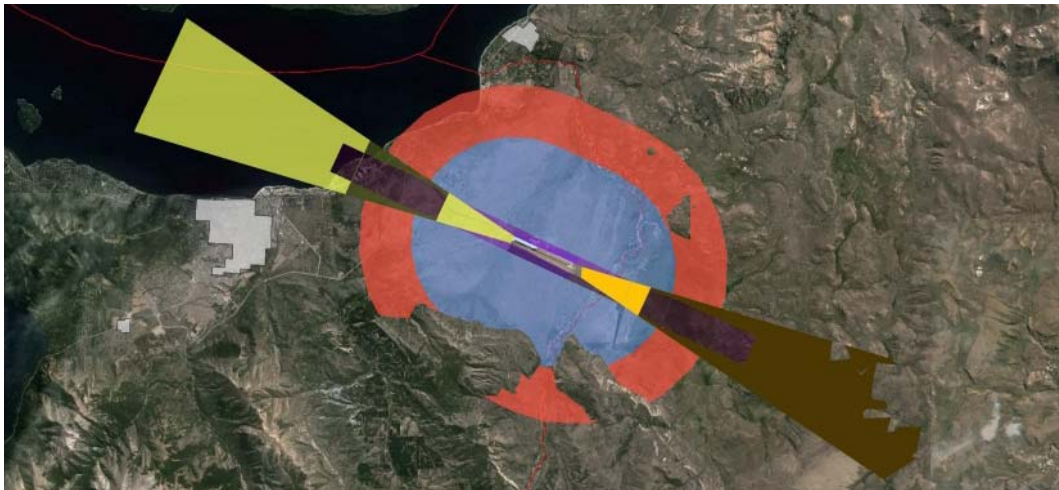


Figura 12. Aeropuerto de Bariloche.

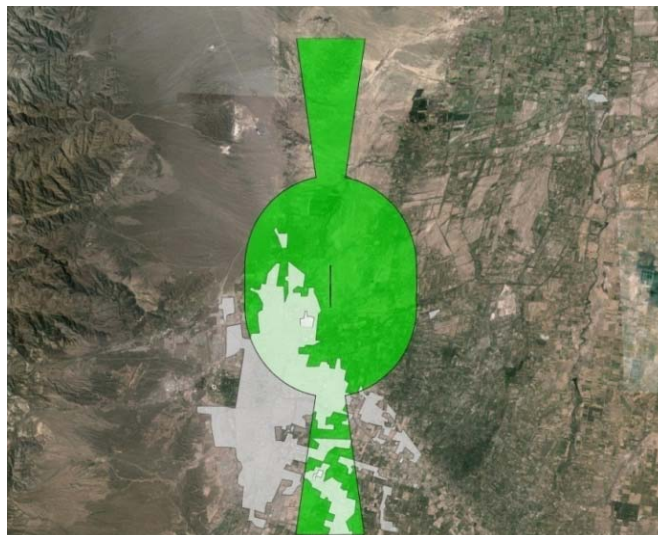


Figura 13. Aeropuerto de Mendoza.



Figura 14. Aeropuerto de Santa Rosa.

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.

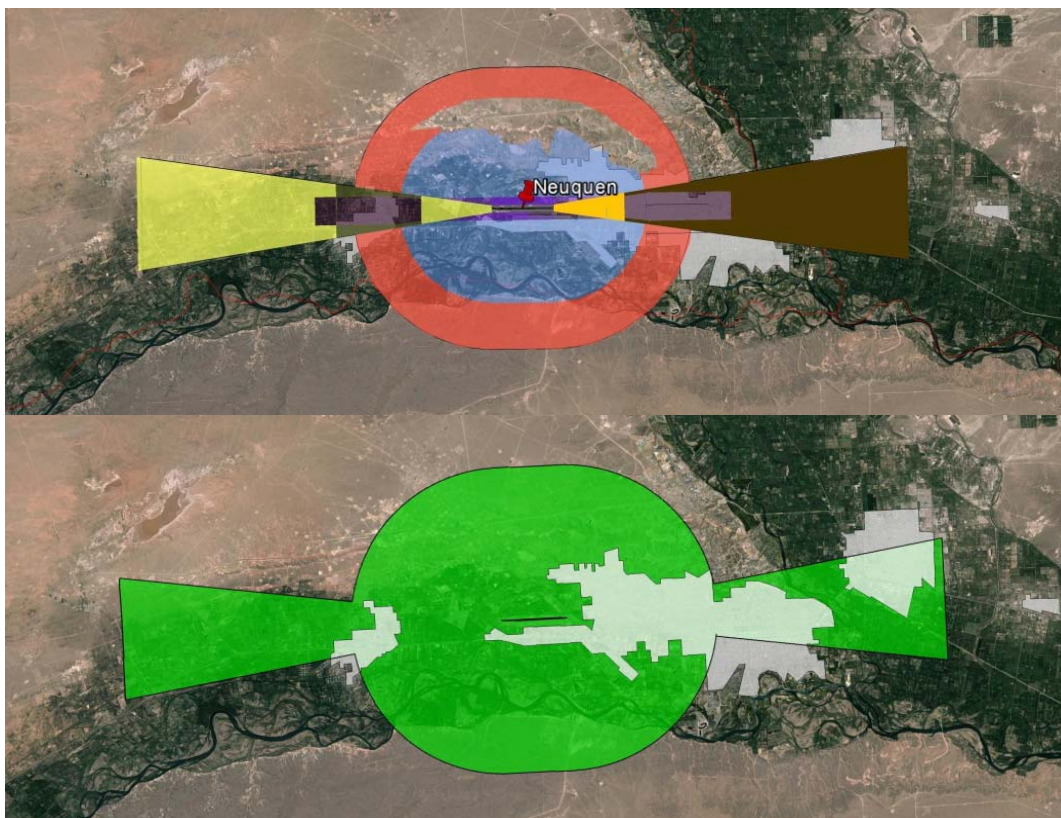


Figura 15. Aeropuerto de Neuquén.

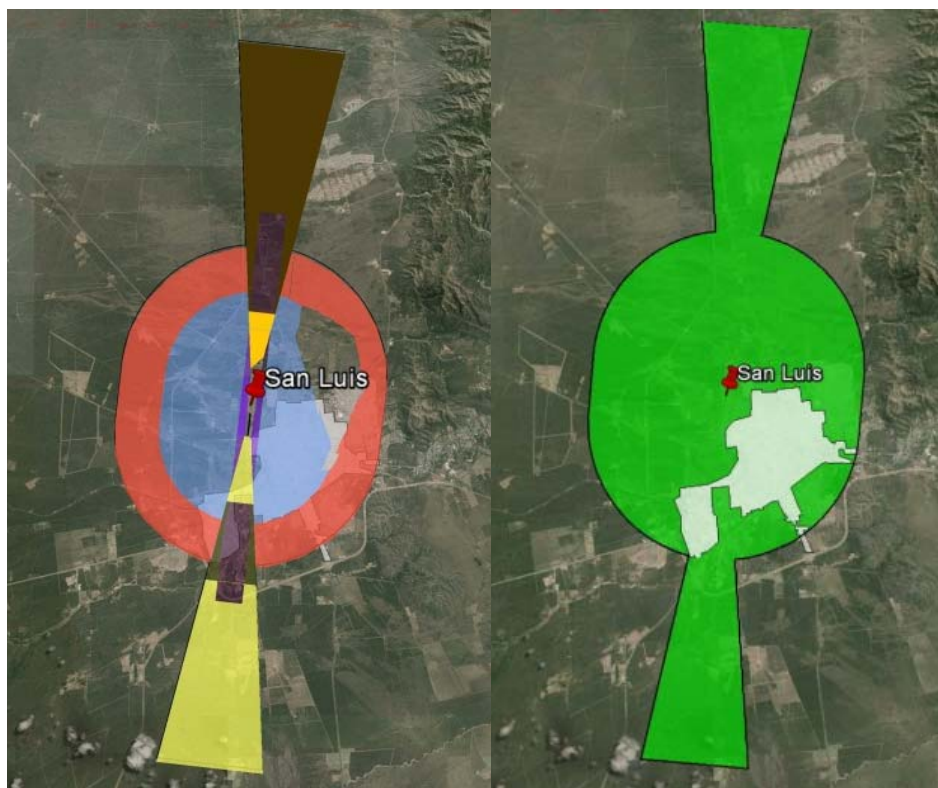


Figura 16. Aeropuerto de San Luis

Pitrelli, Puebla, Faut, Monteagudo y Herrón – Superficies Limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA y su relación con sus entornos.



Figura 17. Aeropuerto de Tartagal.

CONCLUSIONES

Si bien el estudio es un análisis teórico sobre la base de las hipótesis mencionadas se pueden extraer algunas conclusiones interesantes al respecto, que muestran la necesidad de profundizar aún más sobre el tratamiento de la temática.

Observando la cantidad de población afectada se tiene una magnitud de la implicancia de las SLOs y como consecuencia de ello la importancia de considerarlas en los CoU.

Los aeropuertos de Aeroparque, Ezeiza y San Fernando son tres aeropuertos a prestar especial atención ya que son los tres que implican mayores áreas urbanas, población y jurisdicciones bajo la proyección de las SLOs.

El desarrollo de la actividad humana y el crecimiento de las urbanizaciones hacia los aeropuertos no es un tema menor que merece ser difundido para su conocimiento y consideración en los desarrollos de planes ya que implican a personas que desconocen de las actividades y necesidades de un aeropuerto.

REFERENCIA

- [1] Organización de Aviación Civil Internacional, “Anexo 14 Volumen I: Diseño y operaciones de aeródromos, Capítulo 4: Restricción y eliminación de obstáculos” Quinta Edición, Montreal, Canadá, 2009.

ESTADO Y VIABILIDAD TÉCNICA DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN AERONAVES COMERCIALES

Gabriel Ramírez Díaz^{1, 2*} y Vicente Nadal Mora²

¹Becario de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. De Buenos Aires.

²Grupo de Ingeniería Aplicada a la Industria, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina
gta@ing.unlp.edu.ar.

Palabras clave: Celdas, Fotovoltaicas, Aeronaves, Comerciales, Sistema Eléctrico.

RESUMEN

El presente estudio buscó dar un primer paso en el análisis de la viabilidad de aplicar la tecnología fotovoltaica en aeronaves comerciales, estudiando en qué medida puede ser empleada para suministrar la energía requerida por el sistema eléctrico de la aeronave, y si su aplicación permite obtener un ahorro en el consumo de combustible.

Para ello se seleccionaron dos aeronaves de referencia: el A340-300 y el Cessna Conquest 441, sobre las cuales se evaluaron distintas configuraciones del sistema fotovoltaico. El análisis asumió un sistema basado en la tecnología fotovoltaica disponible en el mercado y un promedio de radiación solar incidente sobre la aeronave.

Se desarrolló un modelo de cálculo del consumo de combustible, que contempló: el aumento del peso vacío de la aeronave por la instalación del sistema fotovoltaico, la demanda de energía eléctrica abastecida, entre otros. Dicha metodología se aplicó a distintos escenarios de vuelo, con el objetivo de determinar el posible ahorro de combustible y su variación al apartarse del punto de diseño.

La aplicación de la metodología, en las condiciones y escenarios propuestos, evidenció la posibilidad de obtener un ahorro de combustible con la implementación del sistema fotovoltaico.

Keywords: Cell, Photovoltaic, Aircraft, Commercial, System, Electrical.

ABSTRACT

This study aimed to take a first step in analyzing the feasibility of implementing PV technology on commercial aircraft, to consider how far can be used to supply the energy required by the electrical system of the aircraft, and if its application allows a savings in fuel consumption.

To do this we selected two reference aircrafts: A340-300 and Cessna Conquest 441, on which we evaluated different PV system configurations. The analysis assumed a system based on photovoltaic technology available in the market and an average solar radiation incident on the aircraft.

A model for calculating the fuel consumption was developed. It contemplates: increasing empty weight of the aircraft by the installation of the photovoltaic system, the demand electrical supplied, among others. This method was applied to flight on different scenarios, in order to determine the possible fuel savings.

The application of the methodology, into the conditions and scenarios proposed, showed the possibility of get fuel savings with implementing of the photovoltaic system.

* Gabriel Ramírez Díaz: gabrielramirez1987@gmail.com Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería UNLP, Calles 1 y 47, 1900 La Plata, Argentina. Tel/fax: 0054 221 4236679

NOMENCLATURA

AWP = Peso promedio por pasajero [kg/pax] = 160 kg/pax (IATA)
 DD_B = Profundidad de descarga de la batería [%] = 85%
 DF_B = Factor de descarga de la batería [%] = 85 %
 EP_{HO} = Potencia eléctrica requerida por hora de operación [W]
 EPT_{PVS} = Potencia eléctrica transformada por el sistema fotovoltaico
 FC = Consumo de combustible en la etapa de vuelo [kg fuel]
 FC_{ELEC} = Consumo de combustible para suministrar la potencia eléctrica al sistema eléctrico [kg fuel]
 FC_{ESP} = Consumo específico de combustible [kg fuel/kg thrust-h]
 $FCAL$ = Consumo de combustible en aproximación y aterrizaje [kg fuel]
 FCC = Consumo de combustible en la etapa de ascenso [kg fuel]
 FCT = Consumo de combustible en la etapa de despegue [kg fuel]
 $FCTWY$ = Consumo de combustible en la etapa de taxi [kg fuel]
 FOB = Combustible a bordo [kg fuel]
 H = Duración de la etapa de crucero [h]
 H_{ALB} = Horas de radiación disponible para la carga de la batería [h]
 H_{BO} = Horas de operación con batería [h]
 H_{SSB} = Número de horas que se desea abastecer el sistema desde la batería [h]
 LEC_{CF} = Cargas eléctricas continuas en vuelo crucero, en condiciones diurnas sin sistema antihielo
 LEC_{NL} = Cargas eléctricas continuas de iluminación nocturna
 LEI_{CF} = Cargas eléctricas intermitentes en

condición de vuelo crucero
 N_{ST} = Numero de arranques por día [unidad]
 η_C = Eficiencia de celda [%] = 45%
 n_{DB} = Eficiencia de descarga de la batería [%] = 99.9%
 n_{LB} = Eficiencia de carga de la batería [%] = 99.9%
 PAX = Capacidad de pasajeros [pax]
 PSH = Horas solares pico [h]
 R_{TW} = Relación empuje / peso = $T_{Max} / MTOW$ [kg thrust / kg]
 SF_I = Superficie irradiada [m²]
 SLF = Factor de pérdida del sistema [unidad] = 1.2
 SP_I = Potencia solar incidente [kWh]
 T_{Max} = Empuje máximo de la planta de poder [kg thrust]
 t_{TF} = Tiempo total de vuelo [h]
 $TDEPDC$ = Demanda de potencia eléctrica total en la configuración de diseño
 W_{PVS} = Peso del sistema fotovoltaico [kg]
 WT = Peso total de la aeronave [kg]
 Δt = Duración de la etapa de vuelo [h]
 Δt_i = Última fracción de tiempo [h] = $t_i - t_{i-1}$
 ρ_B = Densidad de energía de la batería [Wh/kg]
 ρ_C = Densidad del módulo fotovoltaico = 1.76 kg /m²
 $\%P$ = Porcentaje de potencia del motor en condiciones de crucero [%]
 $\%P_{pvs}$ = Porcentaje de potencia eléctrica suministrada por el sistema fotovoltaico [%]

Subíndices

o = Para referir a las características de la aeronave sin sistema fotovoltaico.
 pv = Para referir a las características de la aeronave con sistema fotovoltaico.

INTRODUCCIÓN

La importancia de obtener un ahorro de combustible se encuentra potenciada fundamentalmente por tres aspectos. El primero de ellos es la tendencia actual en casi la totalidad de los ámbitos por generar desarrollos sustentables, hecho ante el cual la industria aeronáutica no es ajena. El segundo hecho radica en la responsabilidad de la industria aeronáutica por reducir el efecto contaminante; El IPCC ha estimado que la aviación es responsable del 3,5% del cambio climático antropogénico, y, según las tendencias de crecimiento de la industria aeronáutica, dicho impacto podría llegar a ser de entre un 5 a 15 % para el año 2050. En tercer lugar y no menos importante se encuentra el factor económico; según IATA el impacto del costo combustible sobre los costos operativos pasó de representar un 13% en el

2003 a un 33% en el 2012. Es por ello que cada vez será mayor el impacto y la importancia de cada kg de combustible que se pueda ahorrar.

La industria aeronáutica se ha caracterizado por estar siempre a la vanguardia de los avances tecnológicos, sin embargo, la tecnología fotovoltaica ha tenido una presencia tímida en la industria aeronáutica, provocando que los pocos estudios y desarrollos se hayan limitado a las aeronaves experimentales y prototipos no tripulados. Dichos estudios han abordado en mayor o menor rigurosidad los distintos factores que afectan a la viabilidad del sistema, pero en cualquier caso, lo más destacable es la ausencia de estudios con respecto a la viabilidad o no de aplicar esta tecnología en las aeronaves comerciales, y dadas las características de las aeronaves experimentales; los resultados obtenidos sobre ellas no resultan extrapolables a las aeronaves comerciales.

Son varios los estudios que han abordado la aplicación de la tecnología fotovoltaica en aeronaves no tripuladas, tal es el caso de [[1]-[8]]. En [1] se desarrolla una metodología para el cálculo de la radiación, la cual permite tomar en cuenta casi la totalidad de los factores involucrados, también se hace referencia al aspecto de optimizar la eficiencia de las celdas aprovechando características propias de la aplicación, como es la de refrigerar las celdas con ayuda del viento incidente. El aspecto de la refrigeración también es abordado en [2] para el caso particular del Pathfinder. Otros estudios como [[3]-[5]] han definido la metodología de diseño, los parámetros más importantes, y el procedimiento para el cálculo aerodinámico en menor o mayor rigurosidad. También en [5] puede encontrarse un listado de los diseños tripulados y no tripulados que se han desarrollado. En [6] se presenta un algoritmo que partiendo de un diseño preliminar permite ajustar el tamaño y la velocidad de crucero del UAV, con la finalidad de optimizar el consumo de energía. Otros estudios [[7]-[8]] han analizado un gran número de perfiles aerodinámicos. En el caso de [7], de 200 perfiles estudiados, se presenta una clasificación de las 4 mejores opciones. En [8] también se evaluaron y optimizaron las plantas alares y se aborda el aspecto de la forma de la aeronave, adoptando el concepto de BWB (Blend Wide Body) como una de las mejores alternativas, dada la disponibilidad de superficie para la instalación de las celdas. Además, dicho concepto parece posicionarse como una de las alternativas de la próxima generación de aeronaves comerciales. Un estudio particular es el desarrollado en [9], donde se estudiaron las características térmicas del sistema fotovoltaico.

En [[10]-[12]] se pone en evidencia la relación entre la APU, los costos ambientales y económicos de su uso, proponiendo distintas alternativas para disminuir el consumo ligado a la misma. En cuanto a las celdas fotovoltaicas, son muchos los estudios realizados en este aspecto, particularmente se destacan [[13]-[16]]. En [13] se aborda la transferencia de la tecnología fotovoltaica desarrollada para aplicaciones terrestres y la desarrollada para aplicaciones espaciales, distinguiendo los factores que afectan a cada caso, ya que los costos están asociados al volumen de mercado y a las condiciones ambientales del lugar de aplicación. [[14]-[15]] evalúan el ciclo de vida de las celdas fotovoltaicas en lo referente a los costos ambientales y de inversión, incluyendo las celdas de III generación, presentando a estas celdas como una alternativa para la reducción de los costos, con respecto a la primera y segunda generación de celdas. Sin embargo, se considera que los costos de mantenimiento en la III generación seguirán siendo mayores. En [16] se centra la atención sobre el NF₃ (Trifluoruro de Nitrógeno) sobre los aspectos a tener en cuenta durante la fabricación y la necesidad de actuar proactivamente ante el aumento de la producción fotovoltaica, proceso en el cual se emplea el NF₃, el cual es uno de los principales gases de efecto invernadero.

METODOLOGÍA

La metodología desarrollada consistió, en la selección de la tecnología fotovoltaica, el cálculo de la radiación disponible, la determinación de la demanda eléctrica, el diseño de la disposición de las celdas solares, el cálculo de la capacidad del sistema PV, la determinación del peso del sistema fotovoltaico y el cálculo del consumo/ahorro de combustible en los distintos escenarios operativos, para las aeronaves equipadas con el sistema fotovoltaico.

Selección de la tecnología fotovoltaica

La primera instancia consistió en el relevamiento del estado del arte de la industria aeronáutica y la tecnología fotovoltaica. De la información relevada se destaca la potencia eléctrica con la que se encuentran equipadas las aeronaves, ya que estos valores se emplearon para seleccionar las aeronaves posteriormente analizadas. Del estado de la tecnología fotovoltaica se destaca la eficiencia de las celdas fotovoltaicas a emplear, la cual es del 43,5 % en las celdas de III generación, y la densidad de masa de los paneles fotovoltaicos, que es de 1,76 kg/m². En cuanto a las baterías, la característica fundamental es la densidad de energía, para lo cual, la alternativa propuesta corresponde a baterías de litio ion de 400 Wh/kg.

Cálculo de la radiación disponible

La radiación disponible presenta fuertes variaciones según las variables e hipótesis consideradas, es así que los métodos empleados en distintos estudios suelen fijar varias de estas variables llegando a obtener diferencias de hasta un 24% en la radiación estimada. Un cálculo analítico más exacto y con un mayor número de variables es el descrito en [1], este método fue el empleado en el presente estudio con la finalidad de poner en evidencia la sensibilidad del sistema en las distintas condiciones, y a partir de ellas determinar la radiación disponible según los distintos escenarios.

Es así que la metodología consideró: la forma del cuerpo irradiado, el día del año, la hora del día, la latitud, la dirección de vuelo, la altura de vuelo y el tipo de celda empleada.

Los escenarios analizados abarcaron dos días del año, los cuales coinciden con los de mayor y menor radiación en el hemisferio norte y sur del planeta. Para estos dos días, según la aeronave analizada, se evaluaron los siguientes escenarios de vuelo.

Escenario

Con la finalidad de evaluar la radiación disponible y la viabilidad de implementar las celdas fotovoltaicas en las aeronaves comerciales, se han planteado los siguientes escenarios, según el tipo de aeronave.

Para el análisis del A340-300 se plantearon los escenarios: vuelo Ezeiza – Madrid (hora de partida 7 am hora local), vuelo Madrid – Ezeiza (hora de partida 10 am hora local), aeronave estacionada en el aeropuerto de Madrid y aeronave estacionada en el aeropuerto de Ezeiza (la finalidad de los dos últimos escenarios, fue la de poner en evidencia la energía disponible que podría almacenar la aeronave a lo largo de un día entero, para abastecer la demanda de energía requerida por un vuelo nocturno o el caso en que la aeronave operara únicamente en uno de los hemisferios.)

En el análisis del A340 se adoptaron dos rutas de vuelo para unir los aeropuertos de Ezeiza y Madrid. La primera de ellas fue una aproximación de la ruta real (con una duración de vuelo de 12 h a velocidad crucero) y la segunda fue una ruta hipotética (con una duración de vuelo de 15 h a velocidad crucero); la finalidad de esta segunda ruta, fue la de poner en evidencia la variación de la radiación solar disponible al modificar la trayectoria de vuelo.



Figura 1: Ruta real e hipotética de vuelo Ezeiza - Madrid y Madrid – Ezeiza.

Ramírez y Nadal - Estado y Viabilidad Técnica de la Aplicación de la Energía Fotovoltaica en Aeronaves Comerciales

Para el análisis del Cessna Conquest 441 se plantearon los escenarios: aeronave estacionada en el Aeropuerto de Jujuy (Norte del territorio Argentino), aeronave estacionada en el Aeropuerto de Rosario (Centro del territorio Argentino) y aeronave estacionada en el Aeropuerto de Río Grande (Sur del territorio Argentino). Estos escenarios fueron planteados en base a que dada las características operativas y alcance del Cessna Conquest 441, no es de esperar que dicha aeronave atravesase múltiples zonas horarias, por lo cual la metodología de análisis implicó menos variables de decisión, permitiendo asumir que la radiación disponible en cualquier vuelo que esta realice en el territorio, ya sea un vuelo de máximo alcance posible con mínima carga paga (Configuración 1), máximo alcance con máxima carga paga (Configuración 2) o, 24 horas de operación, equivalente a tres vuelos de máximo alcance con mínima carga paga (Configuración 3), presentara una radiación disponible intermedia a la estimada en estas 3 latitudes.

Demanda eléctrica

Para el A340-300, la demanda eléctrica se obtuvo a partir de las distintas configuraciones del sistema eléctrico, descritas en los manuales de la aeronave. Se adoptó la correspondiente a la de diseño según los criterios de la normativa FAR-25, la cual implica que durante la operación de crucero se considere la falla de uno de los generadores, en este caso la demanda eléctrica obtenida del manual, resulta un 14% superior a la de operación en condiciones habituales.

Para el Cessna Conquest 441 la demanda eléctrica se obtuvo a partir de información disponible en los manuales de la aeronave. En este se dividen las cargas eléctricas del sistema en dos grupos: cargas continuas y cargas intermitentes. Para realizar el cálculo de la demanda eléctrica se asumió que las cargas continuas deben ser abastecidas de modo constante durante todas las etapas del vuelo; en cuanto a las cargas intermitentes, se ha supuesto un mismo tiempo operativo para todas las cargas que componen esta categoría (5 minutos por cada hora de vuelo), con excepción de las cargas eléctricas de comunicación (LEI_{comm}) para las cuales se asumieron 10 minutos por cada hora de vuelo. Bajo la anterior suposición, la demanda del sistema resulta mucho mayor a la que realmente se presenta en las condiciones operativas habituales; por lo cual, con la finalidad de estimar la demanda eléctrica que deberá abastecer el sistema fotovoltaico en condiciones operativas estándar, se asumió que el sistema fotovoltaico no alimentará las cargas del equipamiento de protección contra hielo, no abastecerá las cargas existentes en condiciones operativas anormales y que la aeronave no cuenta con equipamientos opcionales. Por último, la carga de la batería es considerada en el dimensionado del sistema fotovoltaico y no en el análisis de carga, ya que de implementarse el sistema fotovoltaico, las baterías de la aeronave no serían del mismo tipo.

Calculo de la demanda

La demanda eléctrica por hora de vuelo (LET) es calculada mediante:

$$LET = \left(LEC_{CF} + LEC_{NL} + LEI_{CF} \cdot \frac{5}{60} \right)$$

La demanda anterior será abastecida durante las horas de alta radiación solar, mediante la conversión instantánea de la radiación en energía eléctrica, y durante las horas de radiación baja o nula, el abastecimiento provendrá de la batería, por lo tanto, en el caso en que se desee almacenar parcial o totalmente la energía a fin de poder operar durante dichas horas, se presentará una carga adicional, la cual está dada por la carga de la batería (la cual no es considerada en la expresión anterior), por lo tanto, la energía que se requiere almacenar y la carga de la batería (LE_B) están dadas por:

$$E_B = \frac{H_{BO} * LET}{DD_B * \eta_{DB}}$$

Ramírez y Nadal - Estado y Viabilidad Técnica de la Aplicación de la Energía Fotovoltaica en Aeronaves Comerciales

$$LE_B = \frac{E_B}{n_{LB} \cdot H_{ALB}}$$

Las cargas eléctricas restantes corresponden a las cargas eléctricas de comunicación y la carga del arranque (LEI_G), cuyo tiempo operativo (t_{ST}) se supone de aproximadamente 30 s por vuelo. De este modo, la demanda total de energía para la configuración de diseño (TEDDC) está dada por:

$$TEDDC = \left(LET \cdot t_{TF} + LE_B \cdot H_{ALB} + LEI_{COMM} \cdot \frac{t_{TF}}{6} + LEI_G \cdot t_{ST} \cdot N_{ST} \right) \cdot 28V$$

Disposición de Celdas Solares

La disposición de celdas solares se basó en distintos criterios según el tipo de aeronave.

Para el A340-300 se seleccionaron 2 alternativas, la primera de ellas consistió en la simplicidad constructiva y la segunda en un mayor aprovechamiento de la superficie disponible, con el objetivo de poder abastecer el 100 % de la demanda de energía en la condición de diseño definida por las PSH (Horas Solares Pico) y el escenario de vuelo (en este caso, vuelo Ezeiza-Madrid y Madrid-Ezeiza).



Figura 2: Disposición de celdas solares. Fig. Izquierda: Configuración 1, Fig. Derecha: Configuración 2

Para el caso del Cessna Conquest 441, se propuso que las celdas recubran la superficie necesaria que asegure el abastecimiento del 100 % de la demanda de energía, para la condición de radiación de diseño definida por el número de HSP y la condición de vuelo.

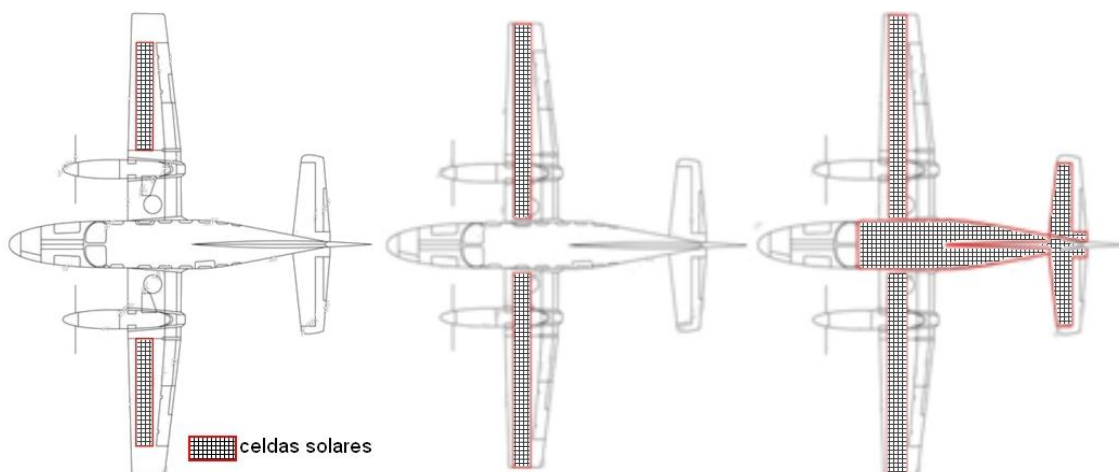


Figura 3: Disposición de celdas solares en la condición de vuelo de diseño. Fig. Izquierda: Configuración 1, Fig. Central: Configuración 2, Fig. Derecha: Configuración 3

En todos los casos, la disposición adoptada para las celdas solares excluye zonas tales como: el borde de ataque del ala, el borde de ataque del estabilizador horizontal y el morro de la aeronave, dado que dichas zonas son las que encuentran mayor exposición al impacto de diversos objetos y partículas.

Ramírez y Nadal - Estado y Viabilidad Técnica de la Aplicación de la Energía Fotovoltaica en Aeronaves Comerciales

También se excluye en esta primera aproximación el timón vertical, ya que los rayos solares inciden con mayor intensidad sobre el plano horizontal.

Cálculo simplificado para la estimación de la capacidad del sistema fotovoltaico

A partir del mapa de radiación solar y del cálculo por el método descrito en [1] aplicado a los distintos escenarios de vuelo, se asumió un número de PSH, que pueden ser aseguradas para la gran mayoría de los escenarios de operación. Esta hipótesis se sustenta en el hecho de las PSH son acumuladas por la aeronave, ya sea durante el tiempo que la misma permanece en tierra transformando y almacenando la energía disponible, o transformadas durante el vuelo y, consumidas y/o almacenadas, según si la energía transformada supera o no a la demanda.

El cálculo inicial se efectúa mediante las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{Incident Solar Power} &= SP_I = PSH \times 1 \frac{kWh}{m^2} \times SF_I \\ \text{Electric Power Transformed by the Photovoltaic System} &= EPT_{PVS} = SP_I \times \frac{\eta_c}{SLF} \\ \%P_{pus} &= \frac{EPT_{PVS}}{TEDDC} \times 100 \end{aligned}$$

Determinación del peso del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico está conformado por 4 elementos principales: el inversor, el regulador, las baterías y los módulos solares. De los 4 elementos, los considerados en el cálculo corresponden a las baterías y los módulos solares, dado que los elementos restantes ya forman parte del sistema eléctrico de la aeronave.

El peso de los módulos solares (W_C) está dado por:

$$\text{Cells Mass} = W_C = \rho_C \cdot SF_I$$

El peso de las baterías (W_B) es obtenido a partir de:

$$\text{Battery Mass} = \frac{E_B [Wh]}{\rho_B \left[\frac{Wh}{kg} \right]}$$

Donde la energía de la batería (E_B), es la energía que se desea y/o requiere almacenar, y está dada por:

$$E_B = \frac{EP_{HO} \cdot H_{SSB}}{DF_B \cdot n_{DB}}$$

De este modo el peso de las baterías (habiéndose optado por las baterías de Litio Ion) se obtiene a partir de:

$$\text{Battery Mass} = W_B = \frac{EP_{HO} \cdot H_{SSB}}{\rho_B \cdot DF_B \cdot n_{DB}} \left[\frac{Wh}{kg} \right] = \frac{EP_{HO} [W] \cdot H_{SSB} [h]}{400 \left[\frac{Wh}{kg} \right] \cdot 0,85 \cdot 0,999}$$

De este modo la masa total del sistema es:

$$\text{Mass of the PV system} = W_{PVS} = W_B + W_C$$

Por lo tanto las únicas variables a determinar serán: la potencia eléctrica y el número de horas a abastecer. La primera de ellas está dada por la aeronave y la segunda por cuestiones operativas.

Método de estimación del consumo de combustible por implementación del sistema fotovoltaico

A fin de poder estimar el ahorro de combustible se han evaluado distintos escenarios operativos, a parte de los de diseño. Cada uno de estos escenarios ha sido simulado para la condición de vuelo con y sin sistema fotovoltaico, de este modo la diferencia en el consumo de las dos simulaciones permite cuantificar el ahorro de combustible total y por fracción de tiempo.

Hipótesis

La metodología asume que el consumo específico de combustible y la relación empuje/peso (Empuje máximo/MTOW) es constante a lo largo de todas las etapas de vuelo. Por último, la metodología asume que para la condición de vuelo sin sistema fotovoltaico, la potencia extraída del motor para suministrar el 100% de la energía requerida por sistema eléctrico es del 1,6 % de la potencia máxima.

Alcance del método y nomenclatura

La metodología descrita a continuación tiene como finalidad determinar el consumo de combustible de la aeronave, tanto si está o no equipada con el sistema fotovoltaico, por lo cual se requieren dos análisis para cada misión de vuelo.

La metodología desarrollada permite variar la carga paga, ya sea como una condición en la configuración de vuelo de la aeronave sin sistema fotovoltaico, o como una penalización sobre el sistema por el hecho de contar con el sistema fotovoltaico. Una variable adicional contenida en la metodología es la posibilidad de determinar el tiempo de reserva al final del vuelo, dicho tiempo, en los cálculos fue ajustado a 40 minutos.

Metodología para la aeronave con y sin sistema fotovoltaico

La metodología define inicialmente, a partir de los datos de entrada requeridos, el peso de la aeronave en plataforma ($t_0=0$).

$$\begin{aligned} WT_{0,t_0} &= EW_0 + PAYLOAD_0 + FOB_0 \\ WT_{pv,t_0} &= EW_{pv} + PAYLOAD_{pv} + FOB_{pv} \end{aligned}$$

Donde el peso vacío (EW) de la aeronave en la configuración con sistema fotovoltaico y la carga paga disponible están dados por.

$$\begin{aligned} EW_{pv} &= EW_0 + W_{pvs} \\ PAYLOAD_{pv} &= (PAX_0 - PAX_{pv}) \cdot AWP \end{aligned}$$

En los análisis particulares se ha considerado no penalizar la carga paga, por lo cual, la carga paga es idéntica en ambas configuraciones (con y sin sistema fotovoltaico):

El combustible requerido para el caso de implementarse el sistema fotovoltaico está dado por:

$$FOB_{pv} = FOB_0 - FC_{ELEC} - Z$$

Donde:

$$\begin{aligned} FC_{ELEC} &= FC_{ESP} \cdot (\%Po - \%Ppv) \cdot T_{Max} \cdot t_{TF} \\ \%Ppv &= 2\% \cdot \%Po \cdot \%Ppvs \end{aligned}$$

La última variable (Z) es determinada mediante un cálculo iterativo; la misma puede adoptar según la misión un valor positivo o negativo, y su objetivo es realizar un ajuste en la carga de combustible, para obtener (en ambas configuraciones) igual tiempo de reserva de combustible al final del vuelo.

A partir de los datos anteriores se calcula el peso total de la aeronave, el consumo de combustible en la última fracción de tiempo, y el combustible disponible. Para ello el siguiente punto de cálculo se efectúa al finalizar las etapas de taxi, despegue y ascenso. La duración adoptada para transitar estas 3 etapas ha sido de 0,48 h para el A340 y de 0,3 h para el Conquest. A fin de explicar la metodología se presentan los subíndices correspondientes al análisis del A340-300. De este modo el siguiente punto de cálculo es al iniciar la etapa de crucero, $t_{0,48} = 0,48$ h.

$$FA_{0,t_{0,48}} = FOB_{0,t_0} - FCTWY_0 - FCT_0 - FCC_0$$

$$FOB_{pv,t_{0,48}} = FOB_{0,t_0} - FCTWY_0 - FCT_0 - FCC_0 - FC_{ESP} \cdot R_{TW} \cdot (WT_{pv,t_0} - WT_{0,t_0}) \cdot \%Ppv \cdot \Delta t_{0,48}$$

Los parámetros (FCTWY₀, FCT₀ y FCC₀) fueron obtenidos para el caso del A340 a partir de [17] y en el caso del Cessna Conquest 441 se consideró que el consumo de combustible en la etapa de taxi es

Ramírez y Nadal - Estado y Viabilidad Técnica de la Aplicación de la Energía Fotovoltaica en Aeronaves Comerciales

igual a la diferencia entre el MTWO y el máximo peso en rampa, y el consumo en las etapas de ascenso y descenso se consideró un 10 % mayor que en la etapa de crucero. La duración de la etapa de ascenso fue obtenida a partir de la altura de crucero y la velocidad de ascenso.

A partir del cálculo anterior es posible estimar el consumo de combustible en la última fracción de tiempo:

$$\Delta t_i = \text{Ultima fraccion de tiempo} = t_i - t_{i-1} = 0,48 - 0 = 0,48 \text{ h}$$

Por lo tanto, el consumo de combustible en la última fracción de tiempo ($FCo_{\Delta t0,48}$) está dado por:

$$\begin{aligned} FCo_{\Delta t0,48} &= FOB_{o_{t0}} - FOB_{o_{t0,48}} \\ FCpv_{\Delta t0,48} &= FOB_{pv_{t0}} - FOB_{pv_{t0,48}} \end{aligned}$$

De este y a partir de esta última expresión, es posible conocer el peso total de la aeronave en $t=0,48$ h, mediante:

$$\begin{aligned} WT_{o_{t0,48}} &= WT_{o_{t0}} - FCo_{\Delta t0,48} \\ WT_{pv_{t0,48}} &= WT_{pv_{t0}} - FCpv_{\Delta t0,48} \end{aligned}$$

En esta instancia del cálculo ya se encuentran definidas las características de peso total de la aeronave y el combustible disponible al inicio de la etapa de crucero. A partir de esta instancia y durante toda la etapa de crucero, el cálculo para cada fracción de tiempo es obtenido mediante la siguiente secuencia, la cual está dada en forma genérica por las siguientes expresiones.

$$\begin{aligned} FOB_{o_{ti}} &= FOB_{o_{ti-1}} - FC_{ESP} \cdot R_{TW} \cdot WT_{o_{ti-1}} \cdot \%Po \cdot \Delta t_i \\ FOB_{pv_{ti}} &= FOB_{pv_{ti-1}} - FC_{ESP} \cdot R_{TW} \cdot WT_{pv_{ti-1}} \cdot \%Ppv \cdot \Delta t_i \end{aligned}$$

Donde:

$$\Delta t_i = \text{Ultima fracción de tiempo} = t_i - t_{i-1}$$

Por lo tanto el consumo de combustible en la última fracción de tiempo ($FCo_{\Delta ti}$) está dado por:

$$\begin{aligned} FCo_{\Delta ti} &= FOB_{o_{ti-1}} - FOB_{o_{ti}} \\ FCpv_{\Delta ti} &= FOB_{pv_{ti-1}} - FOB_{pv_{ti}} \end{aligned}$$

A partir de esta última es posible conocer el peso total de la aeronave en $t=i$ h.

$$\begin{aligned} WT_{o_{ti}} &= WT_{o_{ti-1}} - FCo_{\Delta ti} \\ WT_{pv_{ti}} &= WT_{pv_{ti-1}} - FCpv_{\Delta ti} \end{aligned}$$

Una vez finalizada la etapa de aproximación y aterrizaje, y por lo tanto la misión, el peso total de la aeronave está dado por:

$$\begin{aligned} WT_{o_{i+1}} &= WT_{o_{ti}} - FCo_{\Delta ti+1} \\ WT_{pv_{i+1}} &= WT_{pv_{ti}} - FCpv_{\Delta ti+1} \end{aligned}$$

Donde:

$$\begin{aligned} FCo_{\Delta ti+1} &= FOB_{o_{ti}} - FOB_{o_{ti+1}} \\ FCpv_{\Delta ti+1} &= FOB_{pv_{ti}} - FOB_{pv_{ti+1}} \end{aligned}$$

Y

$$\begin{aligned} FOB_{o_{ti+1}} &= FOB_{o_{ti}} - FCALo \\ FOB_{pv_{ti+1}} &= FOB_{pv_{ti}} - FCALo - FC_{ESP} \cdot R_{TW} \cdot (WT_{pv_{ti}} - WT_{o_{ti}}) \cdot \%Ppv \cdot \Delta t_{i+1} \end{aligned}$$

Donde FCALo es el consumo de combustible en las etapas de aproximación y aterrizaje, los cuales son datos de entrada obtenidos de [17].

RESULTADOS Y DISCUSION

La metodología empleada para la estimación de la radiación disponible permitió poner en evidencia la fuerte influencia del tipo de misión, la ruta de navegación y el día del año, en contraparte, la baja influencia de la geometría de la aeronave y orientación de la misma con respecto al sol, en la evaluación de este parámetro.

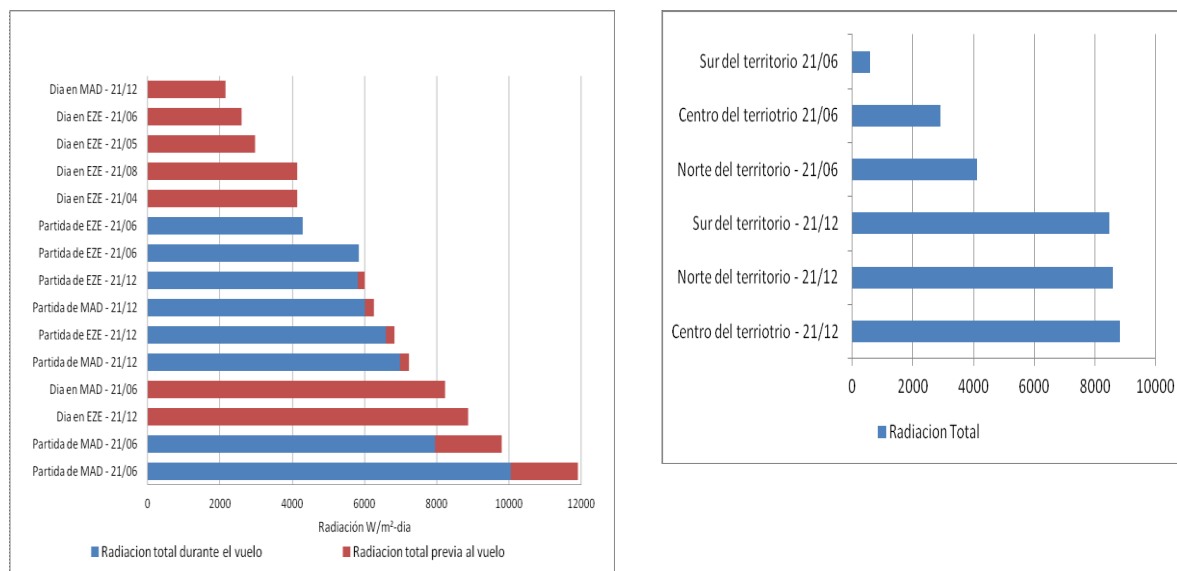


Figura 4: Variación de la radiación en los distintos escenarios. Fig. Izquierda: Caso del A340-300, Fig. Derecha: Caso del Cessna Conquest 441.

Análisis del A340-300

Se empleó como radiación disponible promedio para el análisis el equivalente de 4 HSP. El análisis realizado sobre el A340-300 consideró como escenario para el dimensionado del sistema fotovoltaico el de 14 h operativas por día. A partir de las distintas configuraciones del sistema eléctrico descritas en manual de entrenamiento del A340-300 y la aplicación de dicha configuración al escenario de vuelo, se estimó la siguiente demanda eléctrica.

Tabla 1. Características del escenario operativo del A340-300

Condición	Etapas operativa en	Tiempo asignado [min]	Potencia Entregada [kVA]	Potencia total [kVAh]
Operación en tierra solo APU	Operación en plataforma	84	92	129
Operación en tierra APU+GEN	Taxi (Despegue-Aterrizaje)	20	125,3	42
Operación anormal falla de un generador	Ascenso-Crucero-Descenso	720	109,5	1314
Operación en tierra APU+GEN	Taxi (Despegue-Aterrizaje)	20	125,3	42
Potencia Total requerida				1526

De implementar un sistema fotovoltaico sólo sobre las superficies alares, se podría abastecer aproximadamente el 45% de la demanda eléctrica. En el caso de adoptarse la configuración alternativa del sistema fotovoltaico, que considera distribuir las celdas fotovoltaicas sobre toda la superficie vista en planta, se podría abastecer algo más del 100% de la demanda eléctrica.

La implementación del sistema fotovoltaico en las configuraciones anteriores conlleva un aumento del peso vacío de la aeronave el cual se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Peso del sistema fotovoltaico

Configuración Componente	1		2	
	Peso [kg]	Peso [%]	Peso [kg]	Peso [%]
Celdas Solares	794	62 ^a	1794	61 ^a
Baterías	490	38 ^a	1135	39 ^a
Peso Total del sistema	1284	1 ^b	2930	2,3 ^b

^a Porcentaje con respecto al peso del sistema fotovoltaico.

^b Porcentaje con respecto al peso vacío de la aeronave en su configuración original.

La implementación del sistema fotovoltaico encuentra su mayor barrera en la capacidad de almacenamiento de las baterías, ya que esto conlleva a un aumento significativo del peso de la aeronave, siendo para el caso del A340-300 inviable emplear una capacidad de almacenamiento del 100 % de la energía captada en un día de 4 HSP, por lo cual la capacidad de almacenamiento en dicha aeronave ha sido limitada al 25 % de la energía captada por el sistema, es así que la energía almacenada permite abastecer únicamente el 100 % de la demanda requerida por no más de 3,5 h. La reducción en el consumo de combustible para el caso de un vuelo de 11.100 km de alcance es de 0,30 % del consumo total en la configuración 1 y del 0,70 % del consumo total en la configuración 2. Implementar el sistema fotovoltaico en el A340-300 permite obtener las siguientes diferencias en el consumo de combustible.

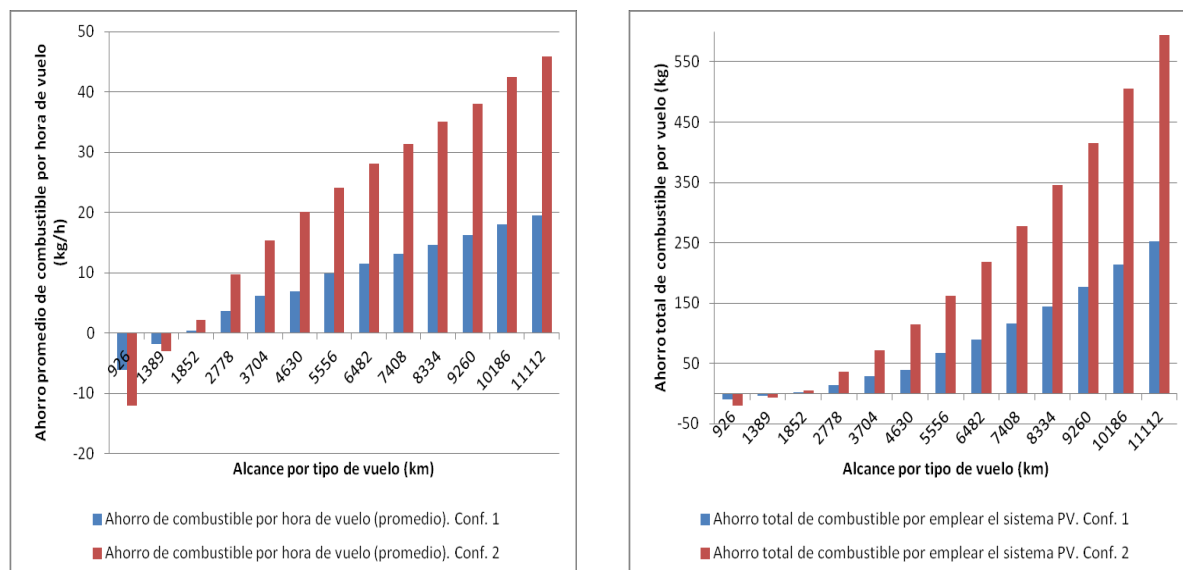


Figura 5: Diferencia en el consumo de combustible respecto de la configuración original, para vuelos de distintos alcances. Fig. Izquierda: Ahorro promedio por hora de vuelo, Derecha: Ahorro total por vuelo

Tal como puede observarse, implementar el sistema fotovoltaico reduce el consumo de combustible, por ser menor la potencia que se necesita extraer para alimentar el sistema eléctrico, pero si la misión de vuelo se encuentra muy alejada de la misión de diseño, el combustible que se carga de menos por contar con el sistema fotovoltaico no alcanza a equilibrar el aumento de peso vacío por la instalación del sistema fotovoltaico.

Análisis Cessna Conquest 441

El análisis realizado sobre el Cessna Conquest 441 asumió tres configuraciones en base al punto de diseño (tipo de vuelo habitual), el cual puede ser:

Las primeras dos configuraciones se analizaron para las condiciones de: almacenamiento de energía para efectuar un vuelo de iguales características en condiciones nocturnas por medio de la energía almacenada a lo largo del día, o efectuar dos vuelos de iguales características durante la época de alta radiación solar. Una derivación particular surge de la alternativa de no contar con capacidad de almacenamiento, por lo cual el sistema fotovoltaico sólo podría ser aprovechado en condiciones operativas diurnas. En este último escenario se ha prescindido de las baterías, que es el componente que mayor incidencia genera sobre el peso total sistema fotovoltaico.

La aplicación de la metodología de cálculo de la demanda eléctrica del Cessna Conquest 441, permitió obtener para los distintos escenarios, la demanda eléctrica descrita en la siguiente tabla, la cual es para la condición de operación estándar aproximadamente de un 15 % de la capacidad máxima del sistema eléctrico. De este modo, la demanda total de energía es en cada una de las configuraciones:

Tabla 3. Características de la configuración de diseño

Configuración	Condición de diseño	Horas operativas por día [h]	Demanda eléctrica [kVAh]
1	Vuelo de máximo alcance con máxima carga paga.	4,11	7,24
2	Vuelo máximo alcance con mínima carga paga.	8,64	14,9
3	Condición de 24 h de operación, se asumió 3 arranques, 14 horas de operación nocturna con energía almacenada en baterías y 8 horas disponibles para la carga de las baterías.	24	44,3
3b	Ídem a configuración 3 mas sistema de protección contra hielo 24 h operativo	24	75,2
3c	Ídem a configuración 4 mas sistemas opcionales 24 h operativos	24	79,2

Las configuraciones 1, 2 y 3 no consideraron los equipamientos opcionales ni el sistema de protección contra hielo. Se asumió MTOW y las horas operativas coinciden con la duración del vuelo de diseño. Las configuraciones 3a y 3b se citan sólo con la finalidad de poner en evidencia el aumento de la demanda eléctrica, de considerarse dicha configuración

La implementación del sistema fotovoltaico en las configuraciones anteriores conlleva el siguiente aumento del peso vacío de la aeronave.

Tabla 4. Peso del sistema fotovoltaico

Configuración Componente	1		2		3	
	Peso [kg]	Peso [%]	Peso [kg]	Peso [%]	Peso [kg]	Peso [%]
Celdas Solares	9	27,5 ^a	17,5	27,5 a	52	37,7 a
Baterías	24	72,5 a	46,5	72,5 a	86	62,3 a
Peso Total del sistema	33	1,3 b	64	2,4 b	138	5,2 b

^a Porcentaje con respecto al peso del sistema fotovoltaico.

^b Porcentaje con respecto al peso vacío de la aeronave en su configuración original.

Ramírez y Nadal - Estado y Viabilidad Técnica de la Aplicación de la Energía Fotovoltaica en Aeronaves Comerciales

Para el caso del Cessna Conquest y aeronaves similares resulta viable emplear un 100 % de almacenamiento de energía, sin embargo, optimizar el desempeño del sistema fotovoltaico con respecto a la reducción del consumo de combustible, encuentra su variable en la opción de emplear una capacidad de almacenamiento mayor, menor o nula, en la figura 6, se presenta el ahorro de combustible en las distintas condiciones de diseño analizadas.

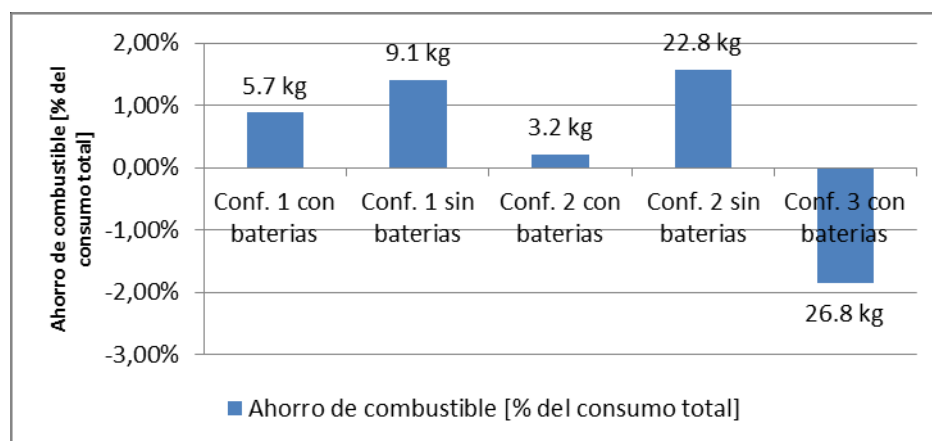


Figura 6: Porcentaje de ahorro de combustible en el Cessna Conquest 441, con respecto al vuelo de diseño, en las distintas configuraciones de sistema fotovoltaico, con y sin capacidad de almacenamiento de energía en baterías

De los análisis realizados, surge que la implementación del sistema fotovoltaico en el Cessna Conquest 441 podría inclusive permitir a la aeronave operar 17,5 h durante la temporada de alta radiación solar, y operar 8,5 h en la época de baja radiación, y en ambos casos abastecer el 100 % de la demanda eléctrica al mismo tiempo que genera un ahorro en el consumo de combustible.

En este tipo de aeronaves implementar la instalación de las celdas fotovoltaicas sólo sobre el 15% de la superficie alar permitiría abastecer el 100% de la demanda eléctrica de un vuelo con máxima carga paga y MTOW. Para el caso de dos vuelos de máximo alcance en temporada de alta radiación solar se requeriría instalar las celdas fotovoltaicas sobre el 30 % de la superficie alar, mientras que para el caso de 24 h de operación se requeriría el 88 % de la superficie alar. En caso de considerar el sistema de protección contra hielo y equipamientos opcionales, la superficie disponible de la aeronave es suficiente para permitir la instalación de las celdas fotovoltaicas necesarias para obtener el 100% de la energía requerida.

CONCLUSIONES

Bajo las hipótesis consideradas, se puede concluir que hay un gran número de escenarios operativos sobre los cuales resulta posible aplicar un sistema fotovoltaico. El ahorro de combustible obtenido en estos escenarios puede ser optimizado bajo unas condiciones de diseño más acotadas. En cuanto a la viabilidad de aplicación de un sistema fotovoltaico en aeronaves comerciales, dependerá directamente de las condiciones de diseño y la regularidad de operación de la aeronave en este punto operativo, por lo cual cada caso deberá ser analizado de forma particular, lo cual es posible mediante los lineamientos y metodologías que se desarrollaron y aplicaron.

La posibilidad de aplicar la tecnología fotovoltaica en aeronaves comerciales, implica un estudio en mayor profundidad de múltiples aspectos y la optimización los mismos, como ser, el aumento de la resistencia aerodinámica y requisitos de certificación de la aeronave, los cuales no fueron abordados en esta primera etapa.

El empleo de la metodología de radiación aplicada a los escenarios propuestos evidenció una variación en la radiación incidente de +/- 15 % por la forma de la aeronave y su orientación con respecto al sol. El cálculo de capacidad del sistema fotovoltaico se efectuó para una radiación promedio y equivalente a 4 HSP, representando de este modo una de las condiciones más restrictivas, ya que salvo casos extremos tales como “escenarios estacionarios” en latitudes alejadas del ecuador (latitudes mayores a 40° N y 35° S aproximadamente), la radiación disponible se encuentra por encima del valor

Ramírez y Nadal - Estado y Viabilidad Técnica de la Aplicación de la Energía Fotovoltaica en Aeronaves Comerciales

seleccionado. La posibilidad de aumentar los beneficios del sistema en este aspecto son significativos, ya que es posible reducir hasta en más de un 50% el aumento del peso vacío por la instalación del sistema fotovoltaico. La posibilidad de optimizar dicho aspecto se encuentra ligada al estudio de escenarios operativos más específicos.

El empleo de un sistema fotovoltaico para suministro de la energía eléctrica de los reactores resulta viable desde el punto de rentabilidad operativa, generando ahorros apreciables en el consumo de combustible y es posible su aplicación como apoyo a los sistemas de celdas de combustible que se encuentran en etapa de investigación, sin embargo, la viabilidad de aplicar el sistema fotovoltaico en este tipo de aeronaves depende fuertemente de la ruta de navegación y horario de operación, ya que no resulta viable emplear una capacidad de almacenamiento del 100 %, por lo tanto el sistema fotovoltaico no resulta una alternativa admisible para una aeronave que opere mayormente en horarios nocturnos o de muy baja radiación.

La viabilidad de aplicar un sistema fotovoltaico en una aeronave comercial como el A340-300 depende principalmente de cada caso en particular, ruta de navegación, horas operativas por día, horario de operación y sobre todo de la constancia de estas variables, principalmente por la reducción en los beneficios al operar fuera de las condiciones de diseño. Asimismo cada operador debe analizar las operaciones de sus aeronaves y los beneficios económicos de utilizar o no un sistema fotovoltaico. Por ejemplo, para el caso de un A340-300 que cubre el vuelo Buenos Aires-Madrid y Madrid-Buenos Aires, efectuando un vuelo por día, el ahorro de combustible por año será de 222.750 lts, es decir, aproximadamente el combustible requerido para dos vuelos de máximo alcance con MTOW en este tipo de aeronaves.

La implementación del sistema fotovoltaico en jets ejecutivos y aeronaves de aviación general como el Cessna Conquest 441 es técnicamente viable, sin embargo, la reducción en el consumo de combustible tanto en este caso como en el de los reactores representa un bajo porcentaje del consumo total, motivo por el cual resulta indispensable evaluar la viabilidad económica de instalar este tipo de sistema, especialmente en las de aeronaves de aviación general las cuales no se caracterizan por operar todos los días del año, en cuyo caso el sistema probablemente no se alcance a amortizar.

Los diseños conceptuales de la próxima generación de reactores comerciales, como el BWB (Blend Wide Body), presentan características geométricas que hacen que la implementación de un sistema fotovoltaico genere mayores eficiencias que para el tipo de reactores actuales. De igual modo el avance en la tecnología de celdas solares y baterías es realmente notorio año a año, por lo cual la aplicación de la tecnología fotovoltaica en aeronaves comerciales se puede vislumbrar como una alternativa viable.

REFERENCIA

- [1] Anthony J. Colozza. "Convective Array Cooling for a Solar Powered Aircraft". NASA/CR-2003-212084.
- [2] Terry D. Haws and W. Jerry Bowman. "Thermal Analysis of the Pathfinder Aircraft", AIAA 9990735.
- [3] Obaid ur Rehman Alvi, Karachi, Sindh. "Development of Solar Powered Aircraft for Multipurpose Application", 18th 12 - 15 April 2010, Orlando, Florida 2010 AIAA SDM Student Symposium.
- [4] Anthony Colozza, Brookpark, "Feasibility of a Long Duration Solar Powered Aircraft on Venus", 2nd International Energy Conversion Engineering Conference 16 - 19 August 2004, Providence, Rhode Island AIAA 2004-5558.
- [5] André NOTH, "Design of Solar Powered Airplanes for Continuous Flight" DISS. ETH NO. 18010 A dissertation submitted to ETH ZÜRICH for the degree of Doctor of Technical Sciences Lausanne, Suisse Born February 10, 1980 Citizen of Zumholz, Switzerland.
- [6] Jaw-Kuen Shiau, Der-Ming Ma, Chih-Wei Chiu and Jie-Ren Shie "Optimal Sizing and Cruise Speed Determination for a Solar-Powered Airplane", JOURNAL OF AIRCRAFT Vol. 47, No. 2, March-April 2010.

Ramírez y Nadal - Estado y Viabilidad Técnica de la Aplicación de la Energía Fotovoltaica en Aeronaves Comerciales

- [7] Weisheng Chen and Luis P. Bernal, "Design and Performance of Low Reynolds Number Airfoils for Solar Powered Flight", 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit 7 - 10 January 2008, Reno, Nevada AIAA 2008-316.
- [8] G Romeo, G Frulla, and E Cestino, "Design of a high-altitude long-endurance solar-powered unmanned air vehicle for multi-payload and operations." The manuscript was received on 1 June 2006 and was accepted after revision for publication on 22 September 2006.
- [9] Xiaojian Li, Xiande Fang, and Qiuming Dai, "Research on Thermal Characteristics of Photovoltaic Array of Stratospheric Airship", JOURNAL OF AIRCRAFT Vol. 48, No. 4, July–August 2011.
- [10] UNIQUE, "Aircraft APU Emissions at Zurich Airport".
- [11] Technical Data to Support FAA's Advisory Circular on Reducing Emissions from Commercial Aviation.
- [12] ACRP Report 64 - Handbook for Evaluating Emissions and Costs of APUs and Alternative Systems.
- [13] John Scott-Monck and Paul Stellat, "Factors Governing Photovoltaic Technology Transfer: Terrestrial to Space", J. ENERGY VOL. 6, NO. 1 - AIAA 80-9070R.
- [14] Vasilis M. Fthenakis and Hyung Chul Kim "Life cycle assessment of high-concentration photovoltaic systems", Prog. Photovolt: Res. Appl. (2011) Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/pip.1186.
- [15] Vasilis Fthenakis, Hyung Chul Kim, Rolf Frischknecht, Marco Raugei, Parikhit Sinha and Matthias Stucki, "Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems", International Energy Agency(IEA) PVPS Task 12, Report T12-02:2011.
- [16] VASILIS FTHENAKIS, DANIEL O. CLARK, MEHRAN MOALEM, AND PHIL CHANDLERM ROBERT G. RIDGEWAY, FORREST E. HULBERT, DAVID B. COOPER, AND PETER J. MAROULIS. "Life-Cycle Nitrogen Trifluoride Emissions from Photovoltaics". Revised manuscript received September 26, 2010. Accepted September 30, 2010.
- [17] <http://discover.amee.com>

EVALUACIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS PARA MANTENER LA SEPARACIÓN DE A BORDO EN VUELO DE CRUCERO EN FORMA AUTOMÁTICA O ASISTIDA

Enrique Ricaud Álvarez^a y Daniel S. Monserrat^b

^aDepartamento de Electrónica, Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional
Paris 532, (1706) Haedo, Buenos Aires, Argentina.

^bDepartamento de Aeronáutica, Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional
Paris 532, (1706) Haedo, Buenos Aires, Argentina.
Email: e2-marias@hotmail.com

RESUMEN

Para no comprometer la seguridad operacional, son importantes los sistemas con corrección automática de vigilancia embarcados, minimizando riesgos en el “control de tráfico aéreo”, facilitando así a las tripulaciones, información actualizada, permanente con correcciones automáticas en tiempo real. Este trabajo presenta el modelo, el simulador y los estudios realizados para evaluar la adaptabilidad de las tripulaciones ante un sistema totalmente automatizado, mediante el “piloto automático”, realizando las maniobras requeridas evitando conflictos con los tráficos circundantes y mantener la separación en vuelo crucero.

To avoid compromising safety, on board automatic correction systems are important, minimizing risks in air traffic control, providing crews with updated information, permanent with real-time automatic corrections. This paper presents the model, the simulator and studies to evaluate the adaptability of the crews to a fully automated system, using the "automatic pilot", performing the required maneuvers avoiding conflicts with surrounding traffic and maintaining separation in cruising flight.

Palabras clave: CDTI, Separación de a bordo, Simulación, ADS-B

INTRODUCCIÓN

El transporte aéreo comercial en estas últimas décadas se ha incrementado considerablemente y consecuentemente toda la industria aeronáutica. Para conservar los máximos estándares de seguridad en la navegación aérea, al mismo tiempo que tratando de optimizar los diferentes espacios aéreos, el grupo del Sistema de Vigilancia y Resolución de Conflictos (SCRSP)[1], de La Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) definió el Sistema de Asistencia de Separación de a Bordo (ASAS), como: un sistema de aeronave basado en la vigilancia de a bordo, que asiste a la tripulación en vuelo para separar, en el entorno, su aeronave de otras. Por definición, es un sistema de cabina que facilita el mantener la separación respecto al tránsito circundante, proporcionando función de “vigilancia de a bordo”, sustentada por la aplicabilidad de la Vigilancia Dependiente Automática por Radiodifusión (ADS-B), más el Sistema Anticolisión de a Bordo (ACAS), siendo el uso de éstos, vitales para la vigilancia desde a bordo del espacio circundante, considerando que [2]:

- ADS-B facilita la vigilancia suministrando solamente datos usados, pero no desempeña función de vigilancia.
- El ACAS, desempeña función de vigilancia de a bordo estableciendo procedimientos de vigilancia y corrección automática, permitiendo a la tripulación utilizar dicha información.

El nuevo “sistema embebido” que se propone, suministra información de tránsitos circundantes, especialmente de los que hayan perforado los diferentes niveles o anillos de seguridad, realizando el

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación
De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

piloto automático, las necesarias maniobras correctivas con el objetivo de mantener las separaciones longitudinales, verticales y laterales propuestas, sin la intervención de la tripulación, y de ser requerida, solamente brindando indicación de las maniobras a la tripulación mediante el uso del director de vuelo. Puede ser utilizado tanto en vuelo crucero en espacio aéreo superior, espacio aéreo inferior, o en área de terminales.

Para lograr un sistema confiable de vigilancia a bordo, es necesario realizar algunos estudios integrales, que incluye especialmente el comportamiento de las tripulaciones, ante un sistema que posee dos alternativas:

- Con capacidad de correcciones automáticas por intermedio del piloto automático.
- Con la asistencia del director de vuelo.

Esta vigilancia y acciones correctivas, son realizadas por la introducción del nuevo sistema embebido, brindando en forma automática anuncios en el Visualizador de Cabina para Información de Tráfico (CDTI), con capacidad de realizar acciones correctivas o evasivas automáticas en tiempo real con respecto a los tránsitos circundantes. Así las tripulaciones disponen de información adicional, pudiendo verificar que las acciones ejecutadas por el piloto automático son las correctas.

El ASAS ha despertado interés en la comunidad aeronáutica, realizándose diversas pruebas operacionales, utilizando la ADS-B, el Servicio de Información de Tráfico por Radiodifusión –Traffic Information Services - Broadcast (TIS-B) y el CDTI como tecnologías habilitadoras proporcionando funciones de “conciencia situacional” de tráfico a bordo y en superficie, como así también de “espaciamiento de a bordo”.

Este sistema embebido incrementa las tareas de adquisición de datos, mejorando sustancialmente el conocimiento de la tripulación sobre los tráficos circundantes, lo cual sugiere beneficios operacionales adicionales, redundando en el conocimiento intensificado del espacio y una temprana identificación de aeronaves.

La aplicación del ASAS implica el uso de procedimientos operacionales aplicados. Los factores humanos se estudiarán detenidamente realizando ensayos, test y entrevistas personales con tripulaciones. Entre los más importantes está el aseguramiento en las separaciones, laterales y verticales impuestas. Los procedimientos mencionados ayudan en la toma de decisiones del Control de Tráfico Aéreo (CTA), proveyendo una alerta temprana de conflicto a las tripulaciones para el caso en que el piloto automático no haya ejecutado la maniobra apropiada. Su diseño contempla información adicional mediante el CDTI para el caso de tener que tomar una decisión por una alarma de ACAS u otro imprevisto.

Las aplicaciones ASAS son diversas, cubriendo un amplio espectro, que va desde una simple presentación en el visualizador instalado en la cabina, hasta aplicaciones que permiten a las aeronaves mantener las separaciones unas de otras. El principio de la operación ASAS, define cuatro categorías, dependiendo del grado de delegación de responsabilidad a bordo que exijan [1]:

- Categoría.1, se tiene conocimiento de la situación del tráfico.
- Categoría 2, espaciado a bordo.
- Categoría 3, separación a bordo.
- Categoría 4, auto-separación a bordo.

La Categoría 3, es la que específicamente nos interesa para este trabajo y en la que se ha puesto especial atención en maniobras ASAS con las aplicaciones ADS-B.

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación
De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

La introducción de este nuevo sistema, supone una carga laboral adicional que se traduce en mantener una vigilancia de abordó más activa dentro de la cabina, debiéndose supervisar información de los “sistemas embarcados convencionales” más los “sistemas embebidos” que suministran información de todos los tránsitos circundantes a los efectos de mantener informada en tiempo real a las tripulaciones y predecir conflictos, realizando automáticamente las maniobras evasivas necesarias.

Por razones de practicidad este estudio se ha circunscripto a la “aplicación de separación de a bordo”, durante la fase en “vuelo de crucero”.

METODOLOGÍA

Las etapas de desarrollo responden a la metodología de este esquema, pero se entrelazan en ciclos de realimentación teóricos y experimentales, como en todo proceso de diseño.

Para poder llevar a cabo los ensayos antes mencionados se ha desarrollado y diseñado un simulador denominado “CDTI Sim (CockpitDisplay of TrafficInformation Simulator-Simulador del Visualizador de Cabina para Información de Tráfico-)”, destinado a realizar estudios integrales, enfatizándose no solo el comportamiento de las tripulaciones ante un sistema totalmente automático e independiente, sino también en la operación del mismo por parte de la tripulación.

El desarrollo del CDTI Sim ha sido llevado adelante con el concepto de sistema embebido, recordando que posee un número de características que lo definen como tal.

Los sistemas embebidos son sistemas contruidos para realizar una tarea, completa o parcialmente independiente de la intervención humana. Otra propiedad en común, es que está especialmente diseñado para hacer un conjunto de tareas de la forma más eficiente, interactuando con elementos físicos en nuestro ambiente, acorde con estas características, un sistema embebido se puede definir como un sistema diseñado para realizar una tarea específica, (ej.: un sistema de control, una computadora, etc.).

Un típico ejemplo de un sistema embebido incluyen los sistemas de navegación en una aeronave, sistema de alarmado, etc. Muchos de estos sistemas son críticos en tiempo, lo que implica que un sistema embebido trabaja en un ambiente donde el control del tiempo es vital, siendo los resultados de una operación, relevantes si ocurren en una ventana de tiempo precisa.

Un piloto automático de un avión es un sistema embebido crítico en el tiempo. Si el sistema detecta que el avión por alguna razón está ingresando en una situación de pérdida, debería tomar las acciones necesarias correctivas dentro de milisegundos o implicaría resultados catastróficos.

El mismo criterio es aplicable al CDTI como un sistema embebido de alarmado y correcciones, además de ser crítico en el tiempo.

Por tal motivo, se están llevando a cabo ensayos con tripulaciones en simuladores de vuelo estáticos, se incluyen cuestionarios, y entrevistas reflejándose los comportamientos humanos, usados para justificar el nuevo sistema propuesto, además de optimizarlo.

El CDTI funciona de la siguiente manera:

Existe una pantalla instalada en la cabina de la aeronave, que mantiene informada, en tiempo real, a la tripulación de los tránsitos circundantes adicionando información de ayudas a la navegación, y un repetidor del Director de Vuelo (FD). La información es obtenida de diferentes fuentes: ADS-B, ACAS, constelaciones satelitales y otras, visualizando y supervisando las maniobras realizadas por el piloto automático, optimizándose las separaciones de los tránsitos circundantes.

Procedimiento Experimental y Resultados

En cuanto a los aspectos experimentales, se resolvieron diseñando un instrumento similar a un CDTI convencional, con algunas importantes modificaciones y agregados, se lo denominó CDTI Sim, e instaló en un computador portátil.

En otro dispositivo similar se diseñó una cabina de vuelo, contando como sistemas básicos: un piloto automático, un director de vuelo, un sistema administrador de vuelo (FMS), y los sistemas necesarios para realizar una navegación. Conectándose los dos computadores, se emuló un simulador de vuelo real estático, así de esta manera se ejecutaron diferentes planes de vuelo reales.

Las tripulaciones que realizaron las diferentes experiencias son actualmente comandantes o primeros oficiales de la compañía Aerolíneas Argentinas, empresa de bandera. Este desarrollo fue realizado con software dedicado y adaptado al presente estudio.

Para desarrollar el prototipo del simulador “CDTI Sim”, en primera instancia se planteó el problema y modelo. Este modelo, el cual se desea estudiar, está conformado por una tripulación, (comandante y primer oficial), la información ASAS presentada en un CDTI (virtual) donde los sistemas externos suministran información de situación operacional, en tiempo real con respecto al resto de las aeronaves circundantes en el área, las que también son simuladas aleatoriamente.

Para este caso particular se planteó un sistema de tierra plana, ya que el objetivo del estudio se encuentra en un rango de ≈ 200 millas. La entrada a nuestro simulador es la definición de tráfico circundante, el cual queda determinado por su posición inicial relativa, rumbo, velocidad y nivel de vuelo con respecto a nuestra aeronave, definiéndose el comportamiento también de la misma manera, niveles de vuelo, velocidad, curso a seguir y distancia por recorrer, basados en un plan de vuelo real, provisto por la mencionada compañía, que determinándose una serie de puntos definen una ruta específica.

La estructura del simulador está conformada por el CDTI Sim quién se encarga de mostrar los tráficos circundantes, un computador de navegación que implementa la lógica para resolución de conflictos, generando los comandos necesarios para que el piloto automático realice las maniobras de corrección indispensables para mantener las separaciones necesarias y supervisadas por medio del director de vuelo, siempre con indicación en tiempo real.

Además del simulador, se ha diseñado una “checklist” para evaluar la actividad laboral de la tripulación, observando el desempeño y comportamiento, con sistemas embarcados convencionales y procedimientos estándares más la introducción del nuevo sistema embebido para mantener separación de a bordo automáticamente en vuelo de crucero, y consecuentemente, con la introducción de nuevos procedimientos en cabina por la implantación de conceptos de separación entre aeronaves en la fase de vuelos en ruta, en una operación ASAS con Categoría 3 (aplicación de separación de a bordo).

Analizados los resultados de las simulaciones, entrevistas y encuestas solicitadas a las tripulaciones, se procura estudiar cual es la influencia de este nuevo sistema inteligente incorporado en la cabina de una aeronave durante un vuelo de crucero, manteniendo automáticamente la separación de a bordo.

Algoritmos: Función de Vigilancia

El Computador de Navegación recibe información de posición, velocidad, curso, altura, y tomando información relativa de las aeronaves circundantes a través del sistema ADS-B, recopilando toda la información de navegación de los tránsitos circundantes, conformándose mensajes y transmitiéndolos a todas aquellas aeronaves que posean ADS-B, aun sin transmisión de la propia aeronave.

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

El ACAS realiza sus propias mediciones sobre los tráficos circundantes, el sistema interroga a las aeronaves en su proximidad detectando los Transpondedores Modo S que responderán a sus interrogaciones.

Algoritmos: Funciones Lógicas

Las salidas de las funciones de vigilancia son introducidas en las funciones lógicas realizando predicción de la situación del tráfico, actualizándose siempre en tiempo real. La función lógica ve hacia adelante (aproximadamente 20 minutos), comprobando si alguna aeronave que esté en su proximidad está en trayectoria de violar los criterios estándares de separación. Si es detectada una violación, la función lógica del computador de navegación calcula la maniobra apropiada para ser ejecutada por el piloto automático.

La información de tráfico que suministra el ACAS es utilizada para establecer el punto de mínima separación (CPA)-Closest Point of Approach-, para todas las aeronaves con respecto a la nuestra, así los tránsitos en situaciones críticas serán vigilados con mayor énfasis a los efectos de realizar las correcciones necesarias evitando las situaciones conflictivas.

Modelo Matemático o Conceptual del CDTI

El simulador se basa en la teoría de operación del CDTI, más los algoritmos necesarios para simular las entidades reales que son modelados aquí como son los vehículos circundantes.

En cada momento se mide la separación vertical, y la distancia en el plano horizontal de nuestra aeronave con respecto a cada uno de los tráficos circundantes para calcular el tiempo al CPA.

Se plantea el sistema cartesiano que se observa en la siguiente Figura 1.

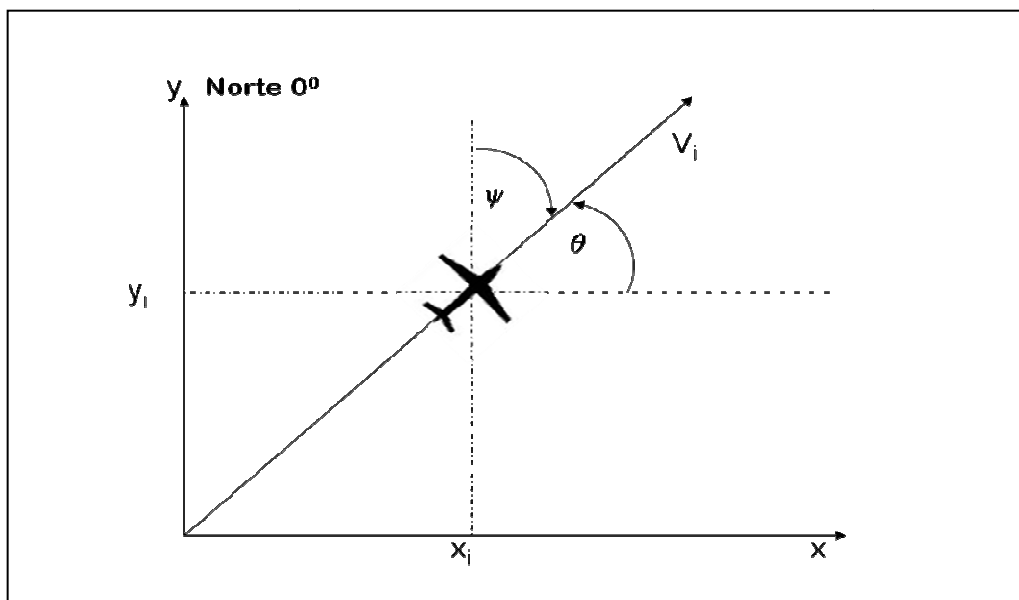


Figura 1. Sistema Cartesiano

Si llamamos \mathbf{r}_i a la posición tridimensional de la aeronave “i”, definida por las coordenadas (x_i, y_i, z_i) , tenemos entonces que la posición en el plano horizontal en un tiempo dado t , será:

$$(1)$$

De la misma forma la velocidad horizontal estará dada por:

$$\mathbf{V}_r^i = (V_x^i, V_y^i) \quad (2)$$

En este punto hay que considerar que el ASAS realmente no posee estas velocidades sino que brinda una versión filtrada por el denominado α - β Tracker[3].

La distancia (\mathbf{P}_r^{ni}) y velocidad relativa (\mathbf{V}_r^{ni}) entre nuestra aeronave “n” y la aeronave “i” estará dada por:

$$\mathbf{P}_r^{ni} = \mathbf{P}_r^n - \mathbf{P}_r^i \quad (3)$$

$$\mathbf{V}_r^{ni} = \mathbf{V}_r^n - \mathbf{V}_r^i \quad (4)$$

Definimos a la orientación del vector diferencia de velocidades entre aeronaves como:

$$\delta^{ni} = \tan^{-1} \left(\frac{V_x^{ni}}{V_y^{ni}} \right) \quad (5)$$

y a la orientación del vector diferencia de posición entre aeronaves como:

$$\gamma^{ni} = \tan^{-1} \left(\frac{P_x^{ni}}{P_y^{ni}} \right) \quad (6)$$

El tiempo CPA en el plano horizontal estará dado por:

$$CPA_r^{ni} = \frac{-|\mathbf{P}_r^{ni}|}{|\mathbf{V}_r^{ni}| \cos(\delta^{ni} - \gamma^{ni})} \quad (7)$$

Si de la misma forma tomamos el eje z, una vez que se obtiene la posición y velocidad relativa entre ambas aeronaves, y definiendo a CPA_z^{ni} como el tiempo al CPA en el eje z, entonces:

$$CPA_z^{ni} = -\frac{P_z^{ni}}{V_z^{ni}} \quad (8)$$

De esta forma podremos obtener los tiempos para los tres ejes (CPA_r^{ni}, CPA_z^{ni}) y las distancias ($\mathbf{P}_r^{ni}, \mathbf{P}_z^{ni}$) calculadas en un momento t dado. Definiendo la separación mínima admisible entre aeronaves de 304 metros (1000feets) y basados en el tiempo al CPA se define la situación de cada tráfico “i” (st^i) circundante acorde al siguiente algoritmo:

```

if  $P_z^{ni} < 213.36$  &&  $CPA_r^{ni} < 35$  secs then  $st^i = \text{RED}$ 
else if  $P_z^{ni} < 213.36$  &&  $CPA_r^{ni} < 48$  secs then  $st^i = \text{ORANGE}$ 
else if  $P_z^{ni} < 213.36$  &&  $CPA_r^{ni} < 120$  secs then  $st^i = \text{YELLOW}$ 
else if  $P_z^{ni} < 213.36$  &&  $CPA_r^{ni} < 360$  secs then  $st^i = \text{LIGHTBLUE}$ 
else if  $P_z^{ni} < 213.36$  &&  $CPA_r^{ni} < 480$  secs then  $st^i = \text{GREEN}$ 

```

Es importante mencionar que a los fines de la simulación si el CPA_r^{ni} es mayor a 480 secs., el tráfico es automáticamente reciclado por el sistema haciéndole tomar un nuevo curso, altura y velocidad para aumentar la posibilidad de generar un conflicto en un tiempo cercano.

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

Resolución de Conflictos

Basados en la situación de cada aeronave st^i , tendremos determinado un tiempo de resolución de conflicto (T_{RA}).

Las indicaciones para resolver conflicto ya sea mediante las Vbars del director de vuelo, o bien automáticamente por medio del piloto automático se tratan acorde al siguiente algoritmo:

Primero se estima la posición futura para el caso en que la aeronave ascienda durante un tiempo T_{RA} :

$$(P_{z,T_{RA}}^i)_{up} = P_z^i + (V_z^i + \Delta_z^i * T_{RA}) \quad (9)$$

Siendo Δ_z^i un valor fijo correspondiente a esa st^i , por ejemplo en el caso del ACAS el valor es de 457 mts/min. Luego se calcula para el caso en que se mantendría la misma altura:

$$(P_{z,T_{RA}}^i)_{curr} = P_z^i + (V_z^i * T_{RA}) \quad (10)$$

por último, se calcula el tiempo si se bajara a un régimen V_{ad}

$$(P_{z,T_{RA}}^i)_{down} = P_z^i + (V_z^i - \Delta_z^i * T_{RA}) \quad (11)$$

Entre estos tres casos se calcula la posición final de la aeronave respecto a la aeronave “i” en cuestión:

$$casoA \rightarrow |(P_{z,T_{RA}}^n)_{up} - (P_{z,T_{RA}}^i)_{curr}| \quad (12)$$

$$casoB \rightarrow |(P_{z,T_{RA}}^n)_{down} - (P_{z,T_{RA}}^i)_{curr}| \quad (13)$$

La resolución estará dada entonces por el siguiente algoritmo:

-. DOWN .-

if ((B > A) and (A < 213.36)) or ((B ≤ A) and
(Exists n for (0, T_{RA}) such that $P_{z,t+n}^{ni} = 0$) and (B
≥ 213.36))

-. UP .-

if ((B ≤ A) and (B < 213.36)) or ((B > A) and
(Exists n for (0, T_{RA}) such that $P_{z,t+n}^{ni} = 0$) and (A ≥
213.36))

-. CURRENT .-

para todos los casos restantes.

Visualizador De Cabina Para Información De Tráfico

Consiste en una pantalla instalada en la cabina de vuelo de la aeronave informando en tiempo real a la tripulación de los tránsitos circundantes y adicionando información de ayudas a la navegación e informando predictivamente los potenciales conflictos. La información de tráfico para el CDTI es obtenida desde el computador de navegación, y de una gran base dedicada de datos de navegación,

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

diseñada específicamente. Se usa una pantalla compartida multifunción (MFD), mostrando información de tráficos circundantes.

Ésta es procesada y mostrada en el CDTI de la forma siguiente: la Unidad Procesadora de Monitor, recibe información de vigilancia de tráfico disponible para enlace de datos y un Computador de Navegación es alimentado por los diferentes sistemas y sensores instalados en la aeronave, además de sistemas terrestres, satelitales, cuenta también con una Base de Datos de Navegación [2]. Cada aeronave tiene instalado un Transpondedor Modo S, quien permite transmitir el denominado “extended squitter”, y recibir información del Servicio de Información de Tráfico (Figura 2)[4].

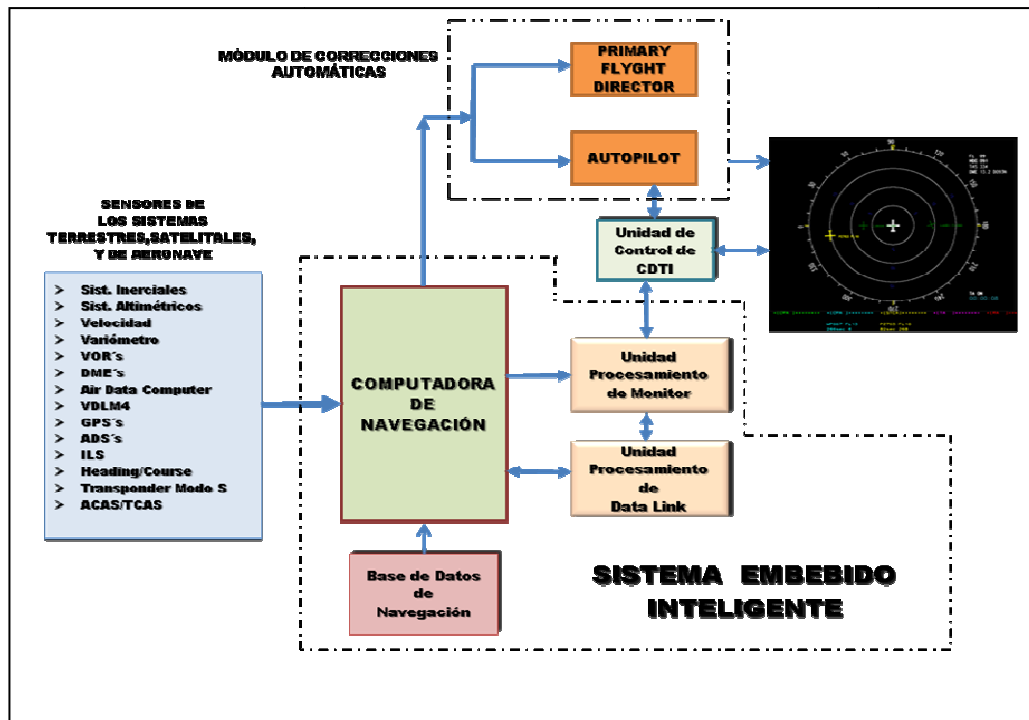


Figura 2.Diagrama del sistema embebido

Además, este sistema cuenta con una salida hacia el computador del piloto automático que es quien realizará automáticamente las maniobras necesarias para mantener la separación de a bordo, mostrando las acciones correctivas en el FD, y los resultados finales en el CDTI.

El sistema propuesto tiene características particulares:

- (1) La separación horizontal debe ser de 5 nm y la vertical de 304 metros (1000feets).
- (2) El closedpoint of approach -punto de mínima separación entre aeronave, (CPA) de 6 minutos es el punto de mínima separación entre aeronaves;previamente en t_0 , dos minutos antes, existe un anuncio preventivo indicando la presencia de tráficos que de persistir con ese curso entrarán ineludiblemente en conflicto[5][6].

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

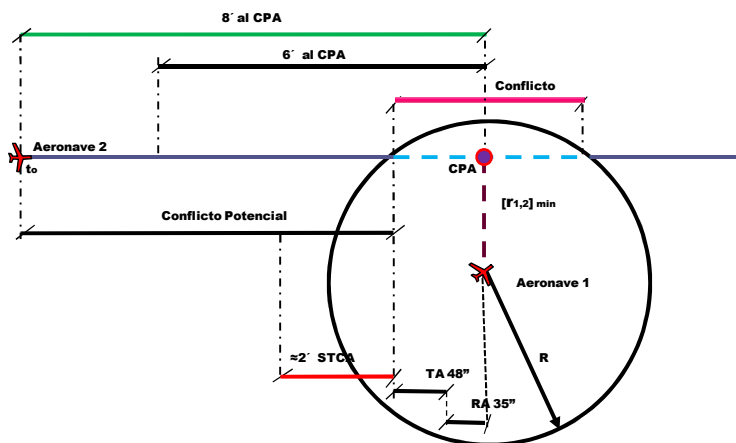


Figura 3. Tiempos y zonas definidas para el sistema propuesto.

La Figura 4, representa la presentación en forma completa del propuesto sistema embebido para mantener separación de a bordo en vuelo crucero. Podemos observar los diferentes tránsitos circundantes, siendo potenciales intrusos. Se muestra cuáles son los parámetros con que cuenta el nuevo sistema para informar en tiempo real a la tripulación, también se aprecian diversos niveles de alarmas o ventanas reservadas para las diferentes etapas del vuelo.

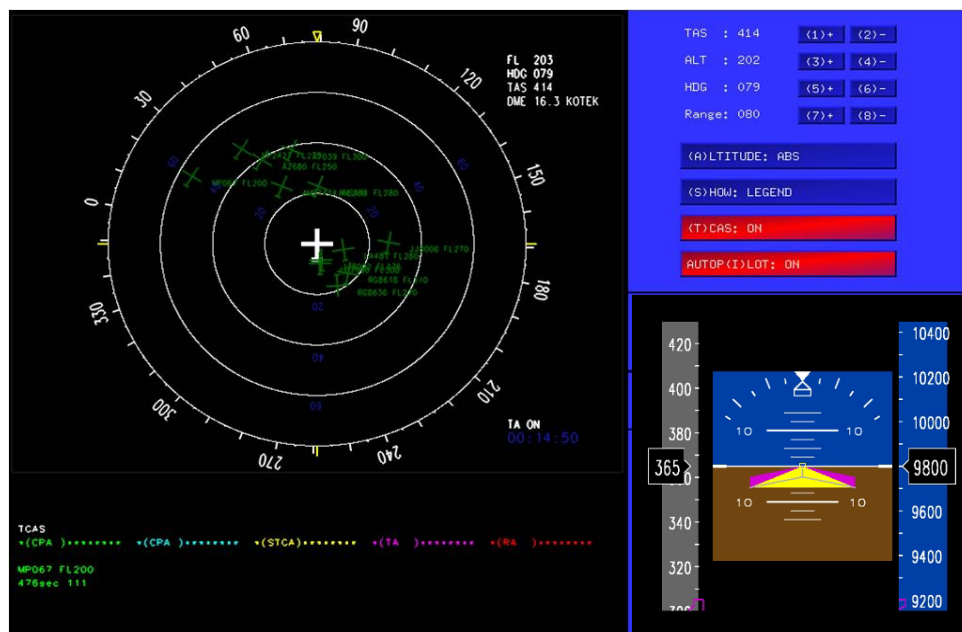


Figura 4. Presentación en ventanilla 1 (uno), intrusos, están a 8 minutos de CPA

En la Figura 4, se observa la ventana de tiempo, verde, indicando a la tripulación que el tiempo faltante al CPA es de 8 minutos. Tiempo éste que le queda al intruso para llegar al borde externo del punto de mínima separación entre aeronaves (Primer anillo de seguridad).

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

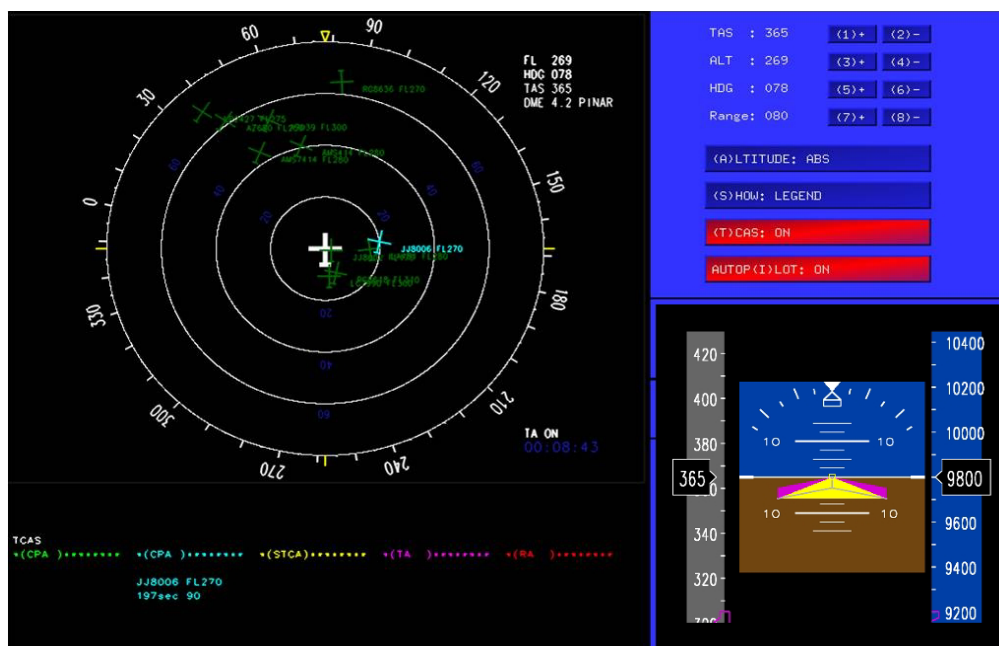


Figura 5. Advertencia, ventanilla 2, está a 6 (seis) minutos de separación.

La ventanilla de tiempo, celeste-turquesa, muestra advertencias de tránsitos en las cercanías, cuando lo separa seis minutos, al denominado punto de mínima separación entre aeronaves (ver Figura 5) (Segundo anillo de seguridad).

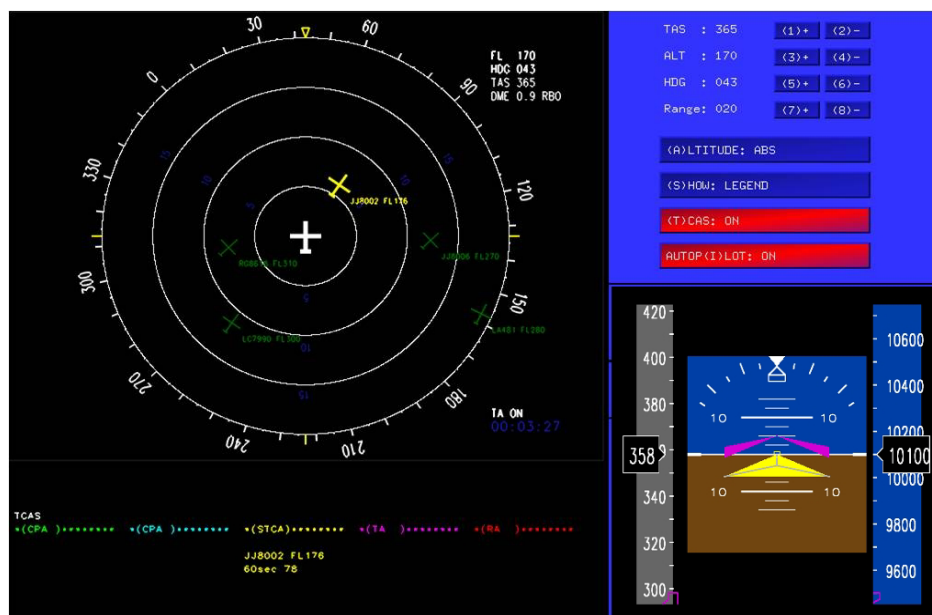


Figura 6. Advertencia, ventanilla 3, implica 2 (dos) minutos antes del disparo de la alarma ACAS.

La ventanilla tres corresponde a short term conflict alert-alerta de conflicto a corto plazo (STCA)-, significando que el intruso está a dos minutos de perforar el límite del alerta de tráfico (TA) [7]. Cuando es detectado, se anuncia con una alarma color amarillo intenso y otra audible suave y persistente (ver Figura 6) (Tercer anillo de seguridad).

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

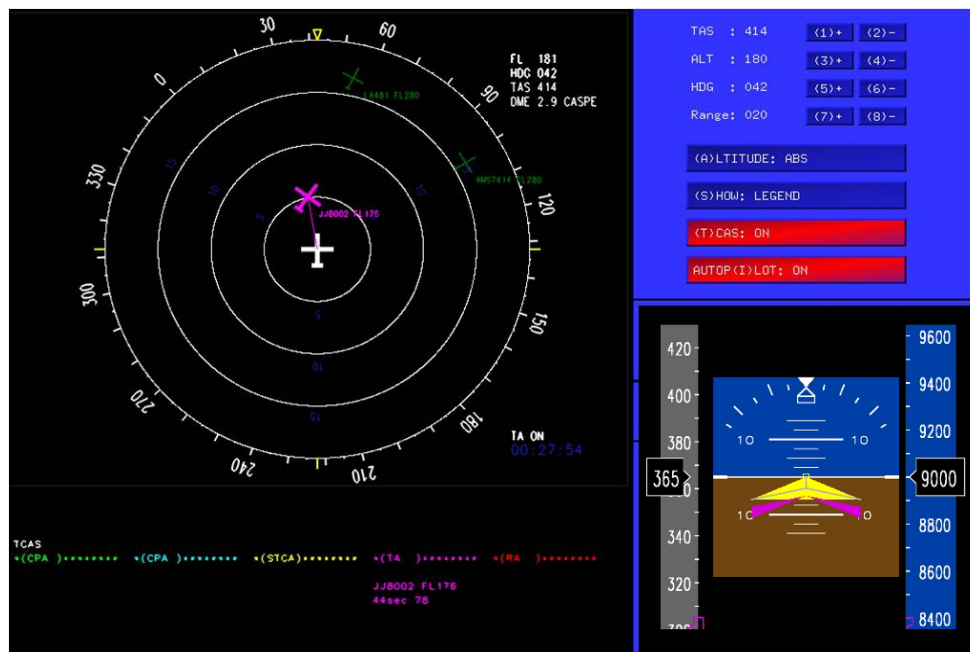


Figura 7. Advertencia, ventanilla 4, indica 48 (cuarenta y ocho) segundos de separación.

La Figura 7, la ventanilla fucsia, parpadeante y sonora con un nivel de audio muy intenso, indica que la separación es de 48 segundos antes de arribar a la zona de conflicto. Estando vinculada al alerta de tráfico del ACAS, el intruso está vectorizado y enmarcado a los efectos que la tripulación tome conciencia situacional del nivel de alarma y no es solo precautorio sino que se deben tomar decisiones urgentes, dado que el STCA ha sido vulnerado y transpuesto. En estos casos de emergencia se comunicará al control de tránsito solicitando permiso para tomar la responsabilidad total de las acciones a tomar (Cuarto anillo de seguridad). Esta ventanilla mostrará los tránsitos que comprometen a la seguridad de nuestra aeronave y que no fueron evadidos oportunamente por el piloto automático, situación ésta que el sistema automático debe evitar por todos los medios, mostrando siempre los tráfcos.

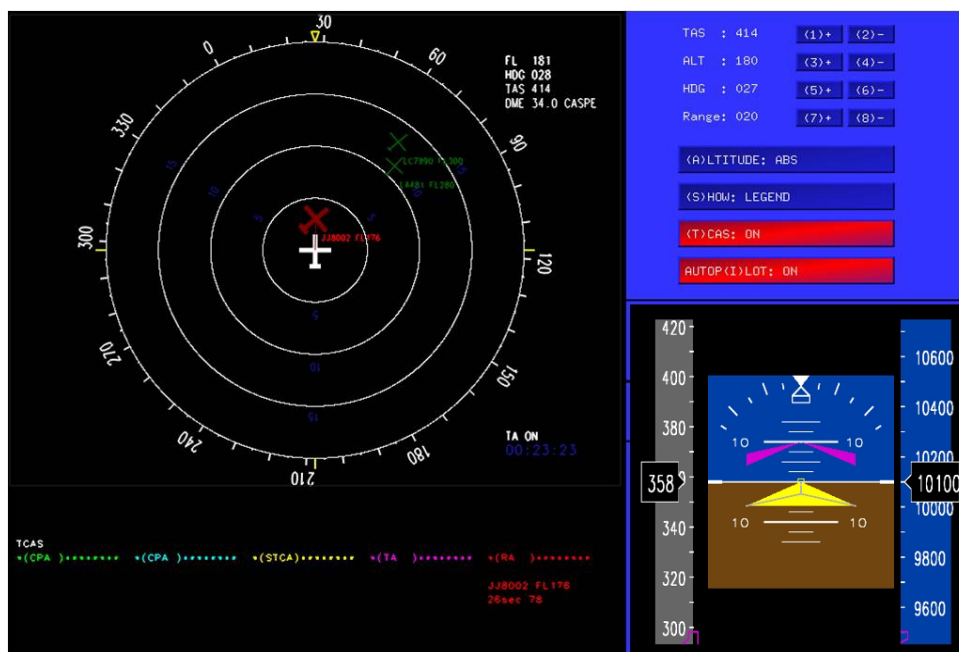


Figura 8. Advertencia, ventanilla 5, indica 35 (treinta y cinco) segundos de separación.

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación
De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

En la Figura 8, se observa que la alarma está relacionada en forma directa con alerta de resolución, de un color rojo parpadeante intenso y señal audible sonora persistente de muy alto nivel. Por este motivo se vectoriza al intruso con el objeto de tener una visión clara del tránsito que está a 35 segundos de entrar en zona de colisión, la resolución de alerta de tránsito debe ser tomada inminentemente (Quinto anillo de seguridad).

Siendo este el Quinto y último Anillo de Seguridad, en donde el piloto automático debió actuar antes de llegar a este nivel de conflicto, caso contrario disparará una alarma de imposible realizar correcciones, instante este que la tripulación deberá actuar irremediablemente tomando el comando de la aeronave.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Habiendo llevado a cabo varias experiencias, con diferentes tripulaciones, con el mencionado simulador, contando con diversas entrevistas y encuestas completadas por aquellas, se puede aseverar que los resultados obtenidos son muy prometedores.

Las simulaciones fueron realizadas no solo con gran predisposición y profesionalismo por parte de las tripulaciones, sino también arrojaron resultados de gran interés. Hay que resaltar que las tripulaciones convocadas se encontraron muy satisfechas con el sistema embebido propuesto.

Las tripulaciones elogiaron la automatización y características técnicas del sistema, también se enfatizó el hecho de saber que las acciones correctivas necesarias para mantener las separaciones vertical y lateral eran realizadas por el sistema embebido en forma automática, y con indicaciones en tiempo real.

Se resaltó en la necesidad de una mayor capacitación y entrenamiento de las tripulaciones, con una correspondencia en la adecuación de los cursos impartidos por la incorporación de las nuevas tecnologías en las cabinas de vuelo. Las tripulaciones deben ser concientizadas que deberán tener una actitud de supervisión con respecto a los sistemas de automatización, especialmente en la fase de vuelo crucero.

Fue elogiado el hecho que la conciencia situacional de la tripulación es mantenida en todo momento actualizada en tiempo real de los tránsitos circundantes.

Una vez operado el nuevo sistema durante algunos minutos, la preocupación de algunas tripulaciones con respecto a su fiabilidad por la automatización fue disminuyendo, la mayoría dio una opinión favorable a la misma y se sintió cómoda y segura.

Se ponderó la sencillez con que se podía acceder a una fácil lectura del CDTI Sim, dado que con un rápido vistazo las tripulaciones ya estaban informadas de los tránsitos circundantes y su situación.

Todos coincidieron con el grado de alarma indicando el tipo de emergencia, que era adecuado.

Existieron también algunas observaciones de preocupación. El hecho de comandar una aeronave con equipamiento de alta complejidad y un muy elevado grado de automatización conlleva a pequeñas distracciones, lo cual generó inquietud por este hecho.

Se hizo mención de la reducción del trabajo, en esta fase del vuelo, como consecuencia de la automatización por parte del nuevo sistema.

Se manifestó que la tripulación al no estar familiarizada con el nuevo sistema, aparece con falta de seguridad en el sistema, debido que éste realiza todas las correcciones necesarias en forma automática.

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación
De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

Algunos pilotos opinaron que no percibieron ninguna ventaja con respecto a la seguridad, pero si aceptaron que es una operación más descansada por lo menos en esta fase del vuelo.

Se sugirieron realizar algunas modificaciones menores, mejoras, agregar alarmas de seguridad por falta de corrección o respuesta, cambiar tonos de las alarmas.

El conjunto de las preguntas realizadas fueron completadas por las tripulaciones junto con las entrevistas personalizadas pudiéndose observar resultados de gran interés:

- Las tripulaciones son propensas a la automatización.
- Los sistemas electrónicos dedicados a la vigilancia del entorno en vuelo deberían mejorar la interfaz con las tripulaciones.
- Los vuelos con vigilancia permanente y automatizadas sus correcciones para mantener las separaciones verticales y horizontales, son de gran interés por su seguridad.
- Se deberá trabajar en los sistemas automatizados para evitar que las tripulaciones tengan distracciones.

También se plantearon algunas sugerencias para ser incluidas en el sistema, las mismas son:

- Se deberá seguir trabajando en la interfaz hombre-máquina (panel de vuelo).
- Reducción de los tiempos de alarmado.
- Los departamentos de capacitación deberán replantear los contenidos de cursos, refrescos, etc., previendo que las tripulaciones se adapten sin mayores inconvenientes a las nuevas tecnologías.

CONCLUSIONES

Como conclusiones preliminares podemos adelantar que si bien el sistema propuesto en general tuvo gran aceptación por diferentes tripulaciones que realizaron simulaciones, existieron sugerencias de realizar algunas modificaciones, mejoras, y agregar alarmas de seguridad por falta de corrección o respuesta.

Otro de los importantes comentarios que fueron enfatizados, y preocupó, fue el exceso de confianza de saber en todo momento en donde específicamente están los tránsitos y que un sistema embebido realizara las acciones correctivas necesarias para evitar los potenciales conflictos.

En cuanto a los factores humanos, hubo observaciones y críticas referidas a definir con mayor claridad quién debía realizar algunas tareas no especificadas claramente y no catalogadas en los procedimientos.

Otro detalle importante que manifestó la tripulación, el no estar familiarizados con el nuevo sistema, era la falta de seguridad de la propia tripulación dado que el sistema debía realizar todas las correcciones necesarias en forma automática y sin previa consulta a la tripulación.

Se elogió el saber, que su conciencia situacional era en todo momento informada de todos los tránsitos circundantes, siempre en tiempo real.

Demás está aclarar, que estas conclusiones no son definitivas, dado que se realizarán más simulaciones, incorporando las sugerencias realizadas.

Queda pendiente para futuras investigaciones y simulaciones la aplicabilidad de un sistema embebido para espacios aéreos superiores e inferiores de alta densidad, y zonas de terminales con los procedimientos de aproximación.

Ricaud y Monserrat – Evaluación Mediante Simulación De Nuevos Sistemas Para Mantener La Separación De A Bordo En Vuelo De Crucero En Forma Automática O Asistida

Se considera que estas investigaciones traería aparejado el desarrollo de sistemas con mayor velocidad de correcciones, una mayor automatización, y a la vez el desarrollo de más niveles de seguridad con otras tecnologías proveyendo una mayor confiabilidad.

REFERENCIAS

- [1] Undécima Conferencia de Navegación Aérea, Montreal, 22 de setiembre de 2003, AN-Conf/11-WP/64 – 02/07/03.
- [2] Primera reunión. Montreal, 8-19 de noviembre de 2004, SCRSP/1-WP/29. 13/8/04.
- [3] DoT, “Introduction to TCAS II Version 7”, Department of Transportation, Federal Aviation Administration, USA, 2000.
- [4] Battiste, V., Ashford, R., “Initial Evaluation of CDTI/ADS-B for Commercial Carriers: CAA’s Ohio Valley Operational Evaluation”, NASA Ames Research Center, Baltazar Oscar Olmos, MITRE Center for Advanced Aviation System Development, 2000.
- [5] García González, E.J. , Sáenz Nieto, F.J., “Clasificación y Evaluación de Eventos de Proximidad en Espacios Aéreos de Ruta y Alto Densidad”, CPA, España, 2009.
- [6] Sáez Nieto, F.J., García González E.J., Mc. Auley, G., “In-Depth Analysis of Proximate Events Based on Radar Data Processing”, Eight USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, ATM, 2009.
- [7] Owusu, K., Dunstonem, G., “Development of Cockpit Display of Traffic Information (CDTI)”, ADS-B TF/3-IP/10, International Civil Aviation Organization (ICAO-OACI), 2005.

EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ECONÓMICA EN EL AEROTRANSPORTE COMERCIAL DE PASAJEROS EN MÉXICO

Óscar Armando Rico Galeana
Instituto Mexicano del Transporte
Apartado Postal 1098, Querétaro, Querétaro, México, 76000
Correo electrónico: orico@imt.mx

RESUMEN

Se presentan los resultados de una investigación sobre la evolución de la concentración económica en los segmentos troncal y regional de la aviación comercial mexicana, en los años siguientes a la desregulación económica.

Para medir la concentración se ha utilizado el índice de Gini, calculado mediante el número de pasajeros transportados anualmente por las empresas participantes en el mercado.

En el segmento troncal se observa que el indicador ha disminuido consistentemente en el periodo analizado. Actualmente, la demanda se distribuye de manera más uniforme que al principio y no existe alguna empresa predominante.

En el segmento regional, el indicador disminuyó durante quince años, para regresar consistentemente hacia al rango inicial, durante los últimos cinco. Actualmente la concentración es similar a la que existía en los noventa, con la predominancia de una empresa en el mercado.

El número de empresas participantes es muy pequeño en ambos segmentos, reduciéndose aún más en los últimos años. En el periodo estudiado, muchas empresas han ingresado al negocio, pero pocas han logrado permanecer. La estructura del mercado no puede considerarse en competencia perfecta y se asemeja más a una condición de competencia monopolística u oligopólica, dependiendo del grado de diferenciación económica del producto ofrecido por las aerolíneas.

ABSTRACT

This paper shows the results of a research into the economic concentration in the trunk and regional segments of the Mexican commercial aviation after the economic liberalization process. Concentration is measured by means of the Gini coefficient, which has been calculated on the basis of the passengers transported yearly by the participating airlines.

In the trunk segment the Gini index has consistently diminished along the studied period. Nowadays demand is more uniformly distributed and there is no dominant airline in the market.

For the regional segment the Gini index has diminished in the first fifteen years, but has consistently returned to the initial values in the last five years. For today concentration is similar to the one measured in the series beginning for the market predominance of one company.

Both segments have only a few participants, and with the number decreasing in the recent years. Many companies had entered in to the business, but only a few have remained. Therefore the market structure cannot be considered as a perfect competition, but more as a monopolistic competition or in an oligopolist arrangement, depending on the product economic differentiation offered by the airlines.

Palabras clave: Aviación comercial mexicana, economía del transporte aéreo, concentración económica, índice de Gini.

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

INTRODUCCIÓN

El objeto de estudio de la presente investigación es la concentración económica en la industria mexicana del aerotransporte comercial de pasajeros entre los años 1991 y 2012; es decir, los años en que los mercados han operado bajo condiciones de mayor apertura a la competencia, después de la desregulación económica iniciada en 1988.

La concentración es una característica relevante en relación con la estructura de mercado, pues se considera que con menores niveles de concentración se favorecen las condiciones para una competencia saludable. Por lo anterior, uno de los efectos esperados de la liberalización económica consiste en la disminución de la concentración y la eliminación o atenuación de las estructuras oligopólicas o monopolísticas en los mercados de transporte.

Una concentración económica alta puede ser una condición negativa para los consumidores, dado que, en mercados no regulados, la empresa dominante tiene la posibilidad de abusar de la cautividad relativa de los usuarios y obtener márgenes de utilidad excesivamente altos. Sin embargo, una concentración alta también puede ser una condición conveniente, pues permite un alto nivel de eficiencia económica y con ello tarifas cercanas a los costos marginales de producción. Dicha dicotomía es uno de los elementos centrales en el intenso debate, todavía vigente, sobre la organización ideal de los mercados de transporte¹ [3,4].

Durante los años de predominio económico estatal en México, los servicios de transporte aéreo fueron concentrados ampliamente en dos empresas: Mexicana de Aviación y Aeroméxico, esta última con la denominación de aerolínea bandera de la nación. Los servicios de transporte fueron considerados servicios públicos y su organización económica siguió el modelo de los llamados monopolios naturales. Las tarifas eran reguladas y el establecimiento de rutas y destinos seguía criterios no comerciales, sino apegados a un plan de desarrollo nacional.

Con la restructuración del esquema de rutas- iniciada en 1988- y la flexibilización de las reglas para otorgar concesiones y regular tarifas, hubo cambios en el número de empresas que operaban en el mercado, en la distribución de la demanda entre los participantes, e incluso entre los segmentos de la aviación [15]. Sin embargo, los cambios han sido fluctuantes; esto es, no siempre en el sentido de aumentar el número de empresas y mejorar las condiciones de competencia [1]. Conviene recordar que en los últimos veinte años se han presentado varios periodos difíciles para la industria aerocomercial mexicana; al grado tal que, después de la primera privatización, las dos empresas principales tuvieron que regresar al control estatal durante varios años e incluso fue necesario integrarlas, mediante una empresa controladora común (CINTRA), en 1995.

En el año 2000 inició un nuevo proceso tendiente a la reprivatización de las dos aerolíneas. La institución gubernamental propietaria de las acciones (IPAB), solicitó autorización a la Comisión Federal de Competencia (CFC) para venderlas en un solo paquete; ya que de esa manera se potenciaba notablemente su valor de mercado. La CFC dictaminó que las aerolíneas deberían ser vendidas y operar por separado, por razones de competencia. Dicha decisión causó un alto nivel de controversia en el medio, pues había opiniones muy encontradas respecto a la conveniencia de mantener las dos aerolíneas y sus empresas filiales, integradas bajo una sola empresa controladora.

Los argumentos en contra de la integración se basaban en la afectación a los usuarios y otros sectores económicos, por la fijación de tarifas arriba de los precios internacionales, por la posible competencia

¹ Por ejemplo, el economista francés Jaques Pavaux [17] afirma: “La intervención del Estado en ciertos sectores económicos no siempre debe ser considerada como un mal. En el transporte se revela como indispensable para asegurar una expansión estable y equilibrada de esta actividad... contrariamente a una opinión muy extendida, la competencia no siempre es sinónimo de eficacia y en el campo del transporte aéreo se ha mostrado incapaz de gestionar la complejidad del mercado, en interés de la gran mayoría de los consumidores”.

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

desleal hacia las otras aerolíneas y la consecuente inhibición del desarrollo de la industria, ante las barreras a la entrada derivadas de la posición dominante de las dos aerolíneas.

Los argumentos a favor se centraban en lo exitosa (y entonces aún novedosa) que había resultado la estrategia internacional de formar alianzas entre aerolíneas (Star Alliance, SkyTeam, OneWorld), en el modesto tamaño de CINTRA a escala internacional, en la presión comercial -cada vez mayor- de las aerolíneas extranjeras, en la presencia de importantes economías de escala en la industria, y finalmente, en la afirmación de que la separación de las empresas no promovería *per se* un mayor nivel de competencia en el mercado nacional, debido al monto considerable de los costos de capital necesarios para ingresar a la industria y a la poca demanda en la mayoría de las rutas.

Las dos aerolíneas finalmente se transfirieron por separado al sector privado y poco después ambas se integraron a diferentes alianzas internacionales². En años recientes, Mexicana enfrentó problemas financieros muy graves, al punto que desde agosto de 2010 ha suspendido operaciones por tiempo indefinido [20]. Es interesante señalar que en el contexto de la inminente quiebra de la empresa, resurgieron opiniones favorables a su fusión con Aeroméxico [16], con la intención de fortalecerlas, permitirles salir adelante con sus compromisos y competir con las nuevas aerolíneas de bajo costo que surgieron desde mediados de los años 2000. Como era de esperarse, el tema de la concentración de nuevo volvió al centro de atención de los debates [5].

Como se puede constatar, el tema de la concentración económica en la industria de la aviación en México se ha mantenido vigente durante todo el proceso de liberalización económica de la actividad. El presente estudio pretende aportar elementos objetivos a la discusión académica del tema, mediante una revisión esencialmente cuantitativa de las variaciones en la concentración económica en la industria a lo largo de los últimos veinte años.

METODOLOGÍA

El diccionario Routledge de Economía [19] define la concentración económica como la medida en que una industria es dominada por las empresas que tienen mayor participación. La concentración suele ser medida mediante las proporciones de ventas, producción, valor añadido o empleo que les corresponden a las empresas en el mercado del producto o servicio en cuestión.

Uno de los aspectos básicos en el estudio de la concentración económica consiste en definir el llamado mercado relevante [9]. La intención es identificar claramente las empresas que compiten comercialmente en la industria analizada. En nuestro caso, hemos considerado adecuado estudiar las aviaciones troncal y regional³ por separado, por considerarlas mercados distintos. En el estudio hemos excluido los servicios de fletamento⁴, al no considerarlos substitutos de los servicios ofrecidos por las aerolíneas regulares⁵.

² En 1999 Aeroméxico fue fundadora, junto con Air France y Delta, de SkyTeam; Mexicana formó parte de Star Alliance (encabezada por United Airlines y Lufthansa) entre los años 2000 y 2003. Desde 2004 optó por establecer códigos compartidos con American Airlines e Iberia, para finalmente incorporarse formalmente a la alianza OneWorld en 2009.

³ No contamos con una definición formal de lo que se considera aviación troncal y regional. Sin embargo, se infiere que los servicios regionales son los que se realizan al interior de las propias regiones (intrarregionales) y en contrapartida, troncales los que se realizan entre regiones (interregionales). Lo anterior tiene implicaciones operativas y tecnológicas, pues en principio la aviación troncal realiza recorridos más largos y tiene mayor demanda en sus rutas, por lo que su flota es de mayor alcance y capacidad. Por otra parte, las rutas y concesiones otorgadas por la autoridad aeronáutica mexicana corresponden a dichas categorías, por lo que no hay posibilidad de confusión entre las empresas participantes en cada uno de los mercados.

⁴ Servicio de fletamento es el que no está sujeto a itinerarios, frecuencias de vuelos y horarios [8].

⁵ Los servicios de fletamento representan una fracción pequeña (menos del 5%) de las actividades aerocomerciales en México, por lo que su exclusión no afecta a las conclusiones generales.

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

La variable que hemos empleado son los pasajeros transportados anualmente por las aerolíneas participantes en cada uno de los mercados y la fuente de los datos es la Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México [7].

Corrado Gini fue un estadístico y economista italiano que propuso y analizó con gran detalle [12, 13, 14] un coeficiente para medir la concentración como una media ponderada de las llamadas desigualdades relativas [2]. Dicho coeficiente es conocido como índice de Gini y se utiliza ampliamente para medir la concentración industrial en mercados o la concentración del ingreso a nivel nacional [10, 11, 6].

No obstante que el fundamento original de Gini para su coeficiente es de naturaleza estadística (como un promedio de diferencias), mantiene una fuerte relación geométrica con la curva de Lorenz, relación que fue expuesta por el mismo Gini en su artículo de 1914 [2].

Si x es una variable económica asociada con cada individuo en un colectivo P , y n el número de individuos, la curva de Lorenz se define como la aplicación $p_i \rightarrow q_i$, para todo i , donde:

$$p_i = \frac{N_i}{N} 100; \quad q_i = \frac{u_i}{u_n} 100; \quad u_i = \sum_{j=1}^i x_j n_j; \quad N = \sum_{j=1}^n n_j; \quad N_i = \sum_{j=1}^i n_j \quad \forall j \leq n$$

Con base en la nomenclatura anterior el coeficiente de Gini se expresa mediante la siguiente expresión [11]:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} [p_i - q_i]}{\sum_{i=1}^{n-1} p_i} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Por otra parte, la expresión clásica del coeficiente de Gini, como la media de las diferencias relativas entre todos los individuos del colectivo P , se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |x_i - x_j|}{2n^2 \bar{x}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

En la ecuación (1) no importa si los individuos están ordenados de acuerdo con el procedimiento de Lorenz; sin embargo, cuando se ordenan en un rango i ascendente de menor a mayor ingreso (o participación) la ecuación (2) puede ser representada mediante cualquiera de las siguientes dos expresiones:

$$G = \frac{2}{n^2 \bar{x}} \sum_{i=1}^n i(x_i - \bar{x}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (2i - n - 1)x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i} \quad \dots\dots\dots (4)$$

En nuestro trabajo hemos utilizado la ecuación (3), mediante una hoja de cálculo, para realizar los cálculos de los coeficientes de Gini que reportamos en los siguientes apartados.

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

De acuerdo con la teoría económica, se considera que el índice de concentración de Gini es un indicador robusto al cumplir con las siguientes propiedades [11]:

- Los valores del índice están acotados, en este caso entre 0 y 1.
- Es una medida unidimensional.
- Es insensible al tamaño absoluto del mercado o a la dimensión absoluta de las empresas.
- Dada una dimensión absoluta del mercado, las transferencias entre empresas, por fusión o escisión, afectan el valor del índice; ya sea que aumente o disminuya.
- Dado un número de empresas determinado, el aumento de la cuota de mercado de una empresa conduce a un incremento del índice como expresión de una mayor concentración económica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El segmento troncal

La aviación troncal mexicana atendió 12.1 millones de pasajeros en 1991, y 21.0 millones en 2012; lo cual equivale a un crecimiento promedio anual (exponencial) del 2.7%. En la Figura 1 se observa que en 1996 la cifra descendió prácticamente al valor inicial de la serie, con 12.2 millones, y que el máximo histórico se registró en 2007, con 21.9 millones de pasajeros. La localización de los puntos extremos de la serie señala que en un periodo cercano a los diez años, la aviación troncal ha sido capaz de crecer hasta transportar cerca de diez millones de pasajeros adicionales cada año.

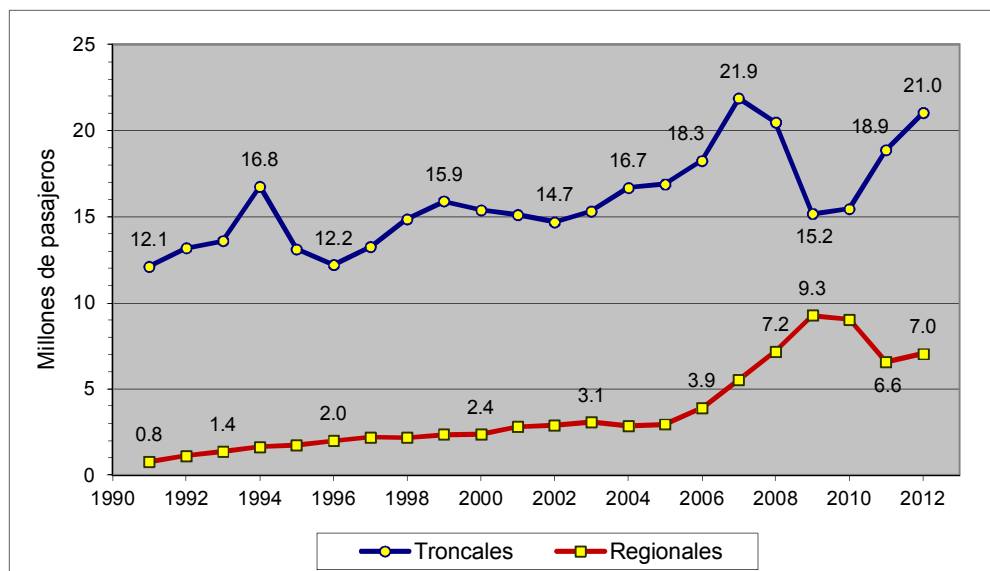


Figura 1. Pasajeros transportados por los segmentos troncal y regional en el periodo 1991 – 2012.

Sin embargo, la Figura 1 también muestra que en el periodo analizado la aviación troncal ha enfrentado tres periodos “difíciles”, con caídas más o menos importantes de la demanda; el primero entre los años 1995 y 1996; el segundo de 2000 a 2002; y el peor de los tres (por su impacto en la cantidad de pasajeros transportados) en 2009 y 2010. Conviene resaltar que en los veintiún años analizados en la gráfica, siete registran decrecimientos, lo cual equivale al 30% del periodo

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

En la Figura 2 se muestran los valores calculados del índice de Gini, así como el número de aerolíneas que atendieron el segmento troncal de la aviación comercial mexicana en el periodo comprendido entre 1991 y 2012.

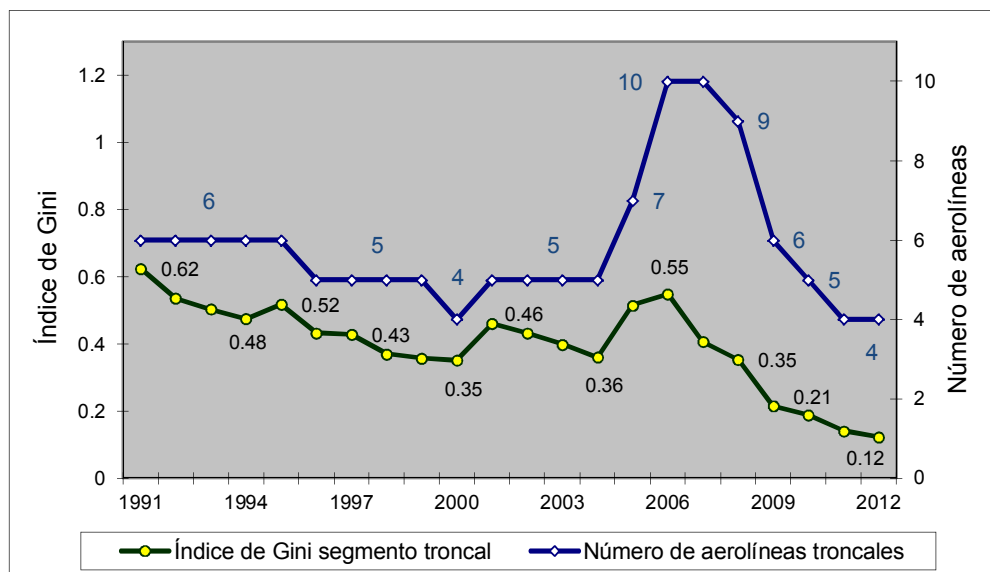


Figura 2. Índice de Gini y número de aerolíneas troncales en el periodo 1991 – 2012.

El número de aerolíneas participando en el mercado se mantuvo relativamente estable durante los primeros quince años analizados, con disminuciones asociadas con las crisis de 1995 y el año 2000. A partir de 2005, con la llegada de las nuevas aerolíneas de bajo costo (ABC), el número de participantes llega hasta el máximo de 10 aerolíneas en 2006 y 2007; sin embargo, la nueva crisis, iniciada en 2008, ha provocado la disminución al mínimo histórico de cuatro aerolíneas en 2011 y 2012⁶. Es conveniente señalar que el número de aerolíneas que se reporta en la Figura 2 representa el saldo final en cada año, lo cual significa que en algunos años, puede haberse registrado la entrada y salida de empresas del mercado, aunque el número total no haya variado.

En lo que respecta al índice de Gini, se observa que su valor mantuvo una tendencia de disminución durante los primeros quince años analizados, al pasar de 0.62 en 1991 a 0.36 en 2004. La entrada al mercado de las aerolíneas ABC, provocó un incremento del indicador hasta alcanzar el valor 0.55 en 2006; la posterior salida de un número importante de empresas, a partir de ese año, fue acompañada de una segunda reducción significativa del índice, hasta llegar al mínimo histórico de 0.12 el año pasado (2012).

El valor de 0.12 en el índice de Gini (cercano a cero), muestra que en la actualidad la distribución de la demanda entre las cuatro aerolíneas participantes en el segmento troncal, es mucho más homogénea que al principio del periodo bajo análisis y que ninguna de ellas tiene una posición preponderante sobre las demás.

En la Figura 2, es interesante notar que los años de mayor incremento en el valor del índice de Gini coinciden con la entrada al mercado de nuevos prestadores del servicio, lo cual ocurrió en 2001, 2005 y 2006. Dicho comportamiento (a primera vista contradictorio), se explica por la naturaleza del indicador, que al medir el grado de uniformidad de la distribución de la demanda, su valor numérico tiende a crecer cuando ingresan una o más aerolíneas con una participación de mercado poco relevante.

⁶ La Compañía Mexicana de Aviación suspendió operaciones de manera indefinida a partir de agosto de 2010.

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

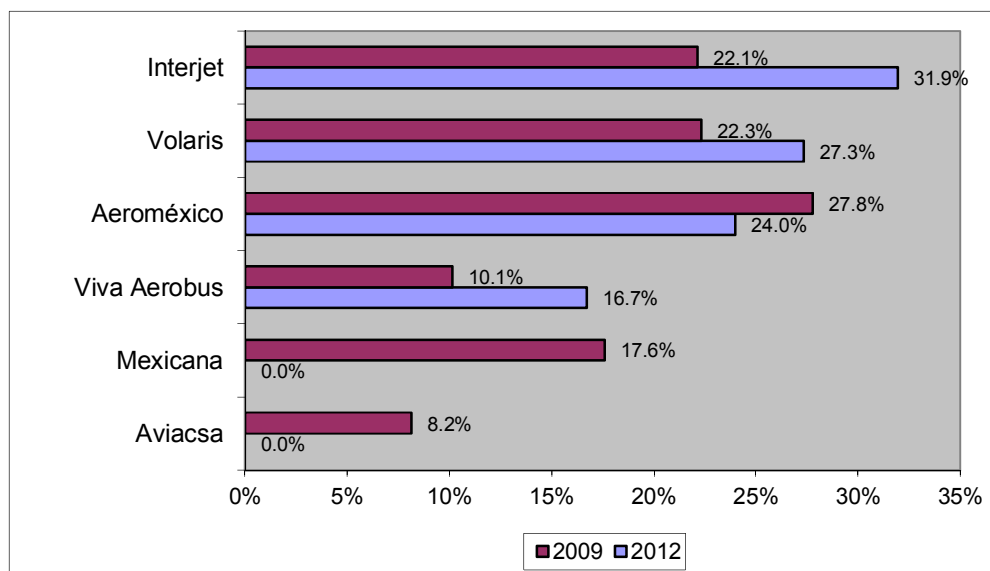


Figura 3. Participación relativa de las aerolíneas troncales en 2009 y 2012.

La Figura 3 muestra la lista de las aerolíneas que operaron en el segmento troncal en los años 2009 y 2012, así como la comparación de su participación relativa en el mercado.

La Compañía Mexicana de Aviación ha sido una de las aerolíneas más importantes en México desde los inicios de la aviación comercial [18] y en 2009 tuvo una participación relativa cercana al 20% del mercado. En la Figura 3 se puede observar que la salida del mercado de Mexicana y Aviacsa, ocasionó un reajuste de la distribución de la demanda en la que se vieron beneficiadas todas las aerolíneas restantes, con la notable excepción de Aeroméxico, que fue la única que perdió participación en el mercado troncal⁷ en los últimos años.

El segmento regional

En el segmento regional, las facilidades otorgadas por la desregulación de las rutas a finales de los años ochenta, motivaron el ingreso de un buen número de nuevas aerolíneas [15], llegándose a un máximo histórico de catorce en 1994 (ver Figura 4). A partir de ese año, el número de empresas ha ido disminuyendo, con dos periodos de relativa estabilidad y uno de crecimiento en 2010. Actualmente, el segmento regional padece un mínimo histórico en el número de empresas participantes, con un total de tres.

No obstante la caída en el número de empresas participantes, en la Figura 1 se puede observar que el número de pasajeros atendidos por el segmento regional ha mantenido una fuerte tendencia de crecimiento, al pasar de menos de un millón en 1991, a más de siete millones de pasajeros en 2012⁸, lo cual representa una tasa promedio de crecimiento anual superior al 11%.

Dicha combinación de demanda creciente, con un número cada vez menor de empresas en el mercado, hace que la situación de las aerolíneas participantes sea de relativa bonanza, en especial para una de ellas (Aeroméxico Connect), lo cual ha provocado que el índice de Gini se haya elevado en los últimos años hasta llegar a 0.53 en 2010.

⁷ No así en los mercados internacional y regional, pues en ambos tuvo un reposicionamiento a la alza.

⁸ El máximo histórico se alcanzó en 2009, con más de nueve millones de pasajeros transportados (ver Figura 1).

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

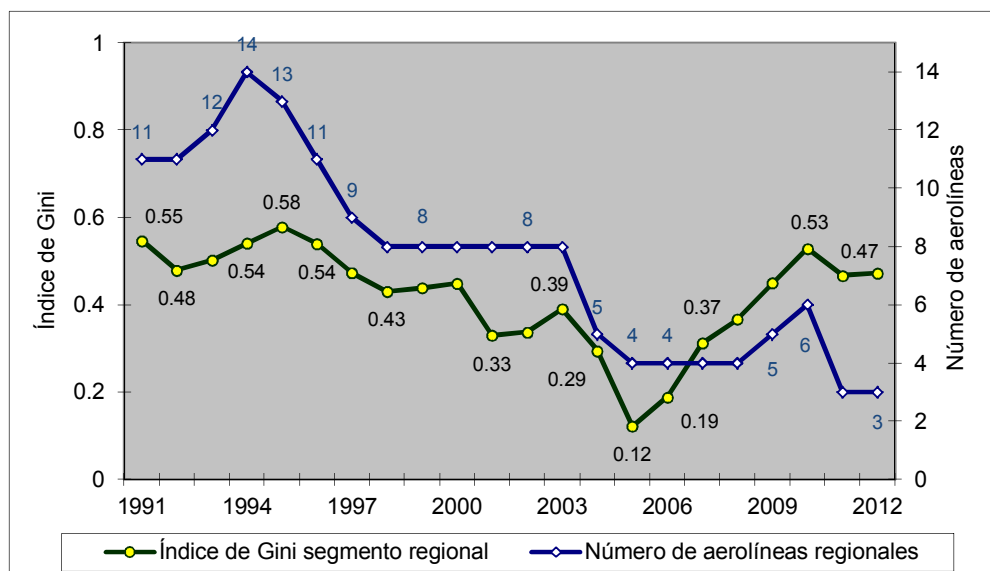


Figura 4. Índice de Gini y número de aerolíneas regionales en el periodo 1991 – 2012.

En el caso del segmento regional, se observa que el comportamiento del índice de Gini tiene una tendencia menos clara que en el caso troncal. La Figura 4 muestra que en los primeros quince años el comportamiento fue ligeramente cíclico, pero con una clara tendencia de disminución; tan es así, que se llegó al valor de 0.12 en 2005, lo cual sugiere que en ese año la demanda se distribuyó de manera bastante uniforme entre las cuatro empresas participantes.

A partir de 2005 la concentración en el mercado se mantuvo creciendo a un ritmo bastante rápido, debido al incremento en el número de pasajeros transportados por la empresa filial de Aeroméxico en el segmento regional, Aeroméxico Connect. No es improbable que dicho comportamiento sea resultado de una estrategia de Aeroméxico para enfrentar la competencia de las nuevas aerolíneas de bajo costo, dado que las aeronaves que utiliza Aeroméxico Connect son de menor envergadura que las usadas en el segmento troncal, lo cual seguramente se refleja en menores costos de operación.

El resultado visible es que actualmente los niveles de concentración en el segmento regional son muy similares a los que se midieron al inicio del periodo, en los años noventa, mismos que se pueden considerar altos, por la predominancia de una de las empresas participantes en el mercado.

CONCLUSIONES

En México, la regulación económica de los servicios de transporte ha variado en las últimas décadas entre dos posiciones opuestas. Hasta mediados de los años ochenta, dominó una perspectiva centrada en la restricción de la competencia entre las empresas participantes. A partir de los noventa, la estrategia se ha fundamentado en los preceptos teóricos de la escuela económica liberal: apertura de la competencia, desregulación y privatización de las actividades económicas.

Luego de más de dos décadas desde el inicio del proceso de liberalización y considerando que la apertura significó un cambio importante en la organización de los mercados y empresas de transporte, resulta conveniente investigar cuáles han sido sus efectos en la economía del sector.

El objeto de estudio de la presente investigación es la concentración económica en la industria del aerotransporte comercial de pasajeros entre los años 1991 y 2012; es decir, la etapa posterior a la desregulación iniciada en 1988. La investigación se concentra en los servicios regulares para el mercado doméstico, en sus segmentos troncal y regional, dado que el mercado internacional tiene un esquema regulatorio distinto.

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

La concentración económica es una característica relevante en relación con la estructura de los mercados económicos, pues se considera que con menores niveles de concentración se favorecen las condiciones para una competencia saludable. Por lo anterior, uno de los efectos esperados de la liberalización económica consiste en la disminución de la concentración y la eliminación o atenuación de las estructuras oligopólicas o monopólicas en los mercados de transporte.

En el presente estudio hemos realizado una revisión esencialmente cuantitativa de las variaciones del índice de Gini, en los mercados aerocomerciales mexicanos a lo largo de los últimos veinte años. El indicador fue calculado con base en el número de pasajeros atendidos anualmente por cada una de las empresas. La evolución del índice de Gini fue analizada en paralelo con el comportamiento del número de pasajeros transportados y el número de empresas operando en los mercados.

Para los servicios troncales, el indicador ha mostrado una clara tendencia descendente en el periodo analizado; inició en 1991, con un valor relativamente alto (0.625) y terminó en 2012 con un valor bastante cercano a cero (0.12); lo cual implica que actualmente la demanda se distribuye de manera más uniforme entre las empresas participantes y que la concentración económica ha disminuido en los años posteriores a la desregulación del mercado.

El coeficiente de Gini es independiente del tamaño absoluto de la demanda y del número de empresas participantes, solo mide la uniformidad de la distribución. Por tal motivo, en el estudio hemos encontrado un resultado que a primera vista parece paradójico: el indicador se redujo coincidentemente con la salida de empresas del mercado; es decir, al reducirse el número de empresas, la concentración también se redujo.

La explicación se encuentra en el hecho de que las empresas que salieron tenían una participación baja, provocando que la distribución fuera poco uniforme. En consecuencia, su salida genera una mayor uniformidad de la distribución.

El número de empresas que participan en los mercados aerocomerciales mexicanos es muy pequeño y en los últimos años ha ido disminuyendo todavía más. Tal situación cuestiona fuertemente la posible existencia de una estructura de mercado en competencia perfecta, aunque los índices de concentración se mantengan en valores bajos. La conclusión -en este sentido- es que la estructura de los mercados aerocomerciales mexicanos se asemeja más a una situación de competencia monopolística o a una estructura oligopólica, dependiendo de la diferenciación que pueda existir en el producto ofrecido por las aerolíneas.

Una situación destacable es que las dos aerolíneas (Aeroméxico y Mexicana) que dominaban el segmento troncal del mercado doméstico al inicio de la desregulación, actualmente han perdido dicha posición preponderante. El ingreso al mercado de las aerolíneas de bajo costo, a partir de 2005, ha cambiado el panorama de la distribución de la demanda en el segmento troncal. En 2012, Mexicana de Aviación ya no está presente y la empresa dominante en el mercado es Interjet, seguida no muy de lejos por Volaris y Aeroméxico.

Cabe señalar que Aeroméxico, no obstante la disminución de su presencia en el mercado troncal, sigue dominando claramente el segmento internacional y ha fortalecido fuertemente su presencia en el segmento regional, por medio de su filial Aerolitoral (Aeroméxico Connect), que actualmente atiende más pasajeros que su propia empresa matriz en el segmento troncal.

En los veinte años analizados, doce aerolíneas han participado en algún momento en la prestación de servicios troncales; de ellas solo cuatro permanecen en el mercado. Dichas cifras indican un porcentaje de fracasos mayor al 60%.

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

En el caso de los servicios regionales, el comportamiento del coeficiente de Gini no muestra una tendencia general claramente definida, pues en los primeros años también registró un descenso casi continuo hasta alcanzar un mínimo muy cercano a cero (0.12) en 2005; sin embargo, en los cinco años siguientes registró una fuerte regresión hacia valores más altos. El valor del indicador en 2012 (0.47) es similar a los valores que tuvo en la década de los noventa. El índice muestra que la concentración se encuentra en un nivel similar al que existía al inicio de la desregulación.

En el segmento regional, el número de empresas participantes presenta un comportamiento aún más inestable que en el troncal. En el periodo analizado, veinte empresas han participado en el mercado; sin embargo, la gran mayoría han debido abandonarlo (el 80%). La permanencia promedio es de siete años, pero cinco empresas estuvieron incluso menos de tres años. Actualmente tres aerolíneas atienden el segmento regional, con bastante éxito.

No obstante las evidentes dificultades de la mayoría de las aerolíneas para permanecer en el segmento regional, la vitalidad económica de dicho segmento es digna de ser destacada. El número de pasajeros transportados ha crecido con una tasa promedio anual cercana al 14% entre 1991 y 2010; sin embargo, si consideramos solo el periodo entre 2005 y 2009, la tasa alcanza el 25% anual.

El dinamismo del mercado regional se refleja en el crecimiento de la demanda atendida por tres aerolíneas que han resultado muy exitosas: Aeroméxico Connect, Aeromar y Magnicharters; pero muy especialmente la primera, que pasó de transportar 87 mil pasajeros en 1991, a más de 4.5 millones en 2010.

Es probable que Aeroméxico, como una estrategia comercial, ante la competencia de las aerolíneas de bajo costo, haya transferido parte de sus operaciones a su filial regional, buscando que la operación resulte más rentable gracias a sus esquemas de comercialización y la escala de las aeronaves.

REFERENCIAS

- [1] Ávalos, M.; Valdés, V., “Regulación de aerolíneas en México”, CIDAC, México, 2006.
- [2] Basulto, J.; Romero, J., “Acerca de ‘Sulla misura della concentrazione e della variabilità’ de Corrado Gini”, *Anales de Economía Aplicada*, Asociación Internacional de Economía Aplicada, Almería, 2003.
- [3] Benito, A., “Descubrir las compañías aéreas”. *Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea*, España, 2008.
- [4] Button, K., “Transport Economics”, 2ª ed, Edward Elgar, UK, 2003.
- [5] Centeno, R., “Análisis sobre una posible fusión de Aeroméxico y Mexicana de Aviación. Ventajas y riesgos para la rentabilidad, especialización y competencia de la industria de la aviación en México”, CIDAC, México, 2009.
- [6] Charles-Coll, J., “Understanding Income Inequality: Concept, Causes and Measurement”, *International Journal of Economics and Management Sciences*, Vol. 1, No. 3, pp. 17-28, 2011.
- [7] Dirección General de Aeronáutica Civil, “Estadística por empresa, resumen 2012”, [en línea], 2013, <URL:http://dgac.sct.gob.mx/>
- [8] Dirección General de Aeronáutica Civil, “La aviación mexicana en cifras”, [en línea], 2010, <URL:http://dgac.sct.gob.mx/>
- [9] Domper, M. “Análisis económico de las operaciones de concentración”, *Actas de la 2ª Jornada de Libre Competencia UC*. Universidad Católica de Chile, Santiago, 2007.
- [10] Ferreira, E.; Garín, A., “Una nota sobre el cálculo del índice de Gini”, *Estadística Española*, Vol. 39, No. 142, pp 207-218, 1997.
- [11] Furió, E.; Alonso, M., “Concentración económica, algunas consideraciones sobre su naturaleza y medida”, *Boletín Económico de ICE*, No 2947, septiembre de 2008.
- [12] Gini, C., “Indici di Concentrazione e di dipendenza”, *Biblioteca dell’Economista*, Turín, 1910.
- [13] Gini, C., “Sulla misura della concentrazione e della variabilità dei caratteri”, *Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, Tomo LXXIII, pp. 1203-1248, 1914.

Rico, Óscar – Evolución de la concentración económica en el aerotransporte comercial de pasajeros en México.

- [14] Gini, C., “Variabilità e Mutabilità, Studi Economico-Giuridici dell’Univ”, Di Cagliari, 3, part 2, pp.1-158, 1912.
- [15] Heredia, F., “La Reestructuración del Transporte Aéreo en México 1987 – 1996”. Publicación Técnica 123, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 1999.
- [16] Mares, M., “Fusión de Aeroméxico y Mexicana, en análisis”, *El economista*, 1 de junio de 2009.
- [17] Pavau, J., “L’économie du transport aérien. La concurrence impraticable”, Economica, Paris, 1984. Citado en [2].
- [18] Rico, O., “El transporte aéreo de carga en México: situación actual y tendencias”, en [6].
- [19] Rutherford, D., “Routledge Dictionary of Economics” Routledge, London, 2002.
- [20] Valdés, V.; Bagnasco, I., (coordinadores) “Liberalización del transporte aéreo: necesaria sí, suficiente no”, Limusa, México, 2012.

ESTRATEGIA PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN AEROPUERTOS SATURADOS

Santiago Servin Caballero^a y Alfonso Herrera García^b

^aFacultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua

Circuito No. 1, Campus Universitario 2. Chihuahua, C.P. 31125. Chihuahua, México.

^bCoordinación de Integración del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte

Km. 12, Carretera Querétaro-Galindo, Sanfandila, Mpio. Pedro Escobedo, C.P. 76703. Querétaro, México.

Email: aherrera@imt.mx

RESUMEN

En este trabajo se evaluaron los beneficios de aplicar una estrategia que cambia el orden de atención de las aeronaves, en las pistas del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, por otra que disminuye las emisiones de CO₂ de las aeronaves, durante las fases de despegue y aterrizaje. Este nuevo orden de atención se fundamenta en la aplicación de un algoritmo heurístico, que evalúa las diferentes alternativas y determina cuál es la que genera la menor cantidad de CO₂. Para obtener la evaluación de los beneficios señalados se desarrolló un modelo de simulación de las operaciones aéreas. Los resultados indican que al aplicar la nueva estrategia se pueden reducir significativamente las emisiones de CO₂. Por ejemplo, con la demanda de servicio de enero de 2011, se obtuvo una reducción de 390 toneladas de CO₂ diarias. También, se observó que conforme se acerca la demanda de servicio a la capacidad máxima de las pistas, se incrementan tanto las emisiones de CO₂, como los beneficios potenciales de la nueva estrategia. Así, para una demanda de servicio igual al 100% de la capacidad máxima de las pistas, se obtuvo una reducción diaria de 762 toneladas de CO₂.

Palabras clave: aeronave, aeropuerto, algoritmo heurístico, CO₂, modelo de simulación.

ABSTRACT

In this research, the benefits of applying a new strategy that changes the aircraft attention order in the runways of the Mexico City International Airport were evaluated. The new strategy reduces the CO₂ emissions of the aircraft during the landing and takeoff phases. The new attention order was obtained using a heuristic algorithm that evaluates all the alternatives and determines which of them produces the lowest amount of CO₂. In order to obtain the evaluation of the benefits, it was developed a simulation model of the aircraft movements. According to the results, it was estimated that the new strategy could reduce significantly the CO₂ emissions. For instance, a daily reduction of 390 tons of CO₂ was obtained considering the demand of January 2011. Also, it was observed that as the demand increases to the runway maximum capacity, the CO₂ emissions and the potential benefits of the new strategy were increased. Thus, considering a demand equal to the 100% of the maximum runway capacity, a daily reduction of 762 tons of CO₂ was estimated.

Keywords: aircraft, airport, CO₂, heuristic algorithm, simulation model.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito mundial se ha incrementado rápidamente la demanda por el uso de los aeropuertos, mientras que la capacidad de los mismos se ha estancado. Como resultado se ha presentado una aguda saturación en muchos de los principales aeropuertos del mundo. Este problema no sólo es significativo, sino que se espera que empeore. La *Federal Aviation Administration* (FAA) de los Estados Unidos, predice incrementos importantes del tránsito aéreo en los próximos años, mientras que no se espera un aumento apreciable en la capacidad de los aeropuertos. En el caso de México la situación no es muy diferente. La falta de suficiente capacidad aeroportuaria para cumplir con la demanda originada por el movimiento de pasajeros y carga, genera saturación en los aeropuertos y demoras en las operaciones.

El principal reto del sistema aeroportuario mexicano continúa siendo la enorme demanda de servicios a atender en el centro del país, particularmente en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), lo que ha tenido como respuesta la ampliación y remodelación de la Terminal 1 (T1), a su máxima capacidad y la construcción de la nueva Terminal 2 de pasajeros (T2). Sin embargo, debido a la falta de espacio no fue posible aumentar la capacidad de sus pistas, por lo que éstas constituyen el elemento crítico que limita su capacidad total. Las pistas del AICM tienen una separación de 310 metros, lo cual no permite la realización de operaciones simultáneas, sólo secuenciales. Esta condición limita su capacidad a 61 operaciones/hora. Por ello, se requiere atender la insuficiencia de servicios aeroportuarios en el Valle de México instrumentando una solución a largo plazo, lo cual se traducirá en la construcción de un nuevo aeropuerto; sin embargo, debido a que todavía no se ha definido incluso la ubicación de dicha infraestructura, el actual aeropuerto deberá operar aun durante varios años. Se ha estimado que dicho proyecto requerirá de cuando menos cinco años para su desarrollo [1]. Lo anterior implica que la principal infraestructura aeroportuaria de México (el AICM), deberá cubrir la demanda actual y su crecimiento durante algunos años más, operando muy cerca de su capacidad máxima, sin embargo, esta condición genera diversas dificultades y grandes retos.

Por otro lado, el proceso de cambio climático se perfila como el problema ambiental global más relevante de nuestro siglo, en función de sus impactos previsibles. Por el alcance de sus implicaciones económicas, políticas y sociales, es hoy tema ineludible de la agenda internacional y objeto de preocupación para las instancias de más alto nivel de los gobiernos [2]. El Gobierno de México reconoce que el cambio climático constituye el principal desafío ambiental global de este siglo y que representa, a mediano y largo plazo, una de las mayores amenazas para el proceso de desarrollo y el bienestar humano. Enfrentar el cambio climático implica desarrollar de inmediato actividades de mitigación, o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de adaptación, o reducción de la vulnerabilidad y de los riesgos para la vida, para el orden natural y el desarrollo. Recientemente varios grupos de expertos en aspectos científicos, económicos y sociales del cambio climático, consideran que los riesgos son considerablemente más graves de lo que se había estimado anteriormente, de tal manera que las estrategias de mitigación contempladas en la actualidad posiblemente tengan que revisarse muy pronto [2].

En el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 se estimó que en 2002 México generó el equivalente a 643,183 millones de toneladas de CO₂, volumen que lo sitúa dentro de los 15 principales países emisores, con una contribución de alrededor de 1.5% de la emisiones globales. En lo que respecta a las fuentes responsables de emisiones, corresponde 18% al transporte [3]. Como signatario del Protocolo de Kyoto, México tiene el compromiso de reducir las emisiones de GEI [4].

Con anterioridad fue desarrollada una estrategia que disminuye los costos de operación y las demoras de aeronaves en aeropuertos saturados, al cambiar el orden de atención tradicional, por otro que minimiza dichos valores [5,6]. Dado que dicha estrategia, generalmente disminuye también las demoras de las aeronaves más grandes, que son las que utilizan los motores más potentes y con mayor consumo energético, se espera que su aplicación también disminuya las emisiones de los gases contaminantes que generan. Por ello, se desarrolló un modelo de simulación de eventos discretos del

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

AICM, en donde se aplicó la estrategia propuesta para compararla con la situación actual y determinar los beneficios potenciales, en términos de reducción de emisiones de gases contaminantes.

Objetivos

Objetivo general: Aplicar y cuantificar los beneficios de una estrategia que establece el orden de atención de las aeronaves en el AICM, con objeto de reducir las emisiones de gases contaminantes que genera su operación.

Objetivos específicos:

- Cuantificar los volúmenes de gases contaminantes de las aeronaves que operan en el AICM, bajo las condiciones de 2011.
- Cuantificar el beneficio potencial en 2011, en términos de reducción de emisiones de gases contaminantes, al aplicar la estrategia propuesta.
- Determinar las emisiones de gases contaminantes para tres escenarios que consideren el crecimiento de la demanda del AICM, bajo la política actual y al aplicar la estrategia propuesta.

Hipótesis de trabajo: Se generarán ahorros significativos en la reducción de emisiones de gases contaminantes en el AICM, al aplicar la nueva estrategia de atención de las aeronaves propuesta. Además, se generarán volúmenes de gases contaminantes con una proporción exponencial conforme aumenta la demanda del aeropuerto.

METODOLOGÍA

La metodología comprende los siguientes pasos:

- a) Desarrollar y validar el modelo de simulación del AICM.
- b) Con base en el modelo de simulación desarrollado y la información de las emisiones de gases contaminantes emitidos por los motores de las principales aeronaves que operan en el AICM, estimar las emisiones de gases contaminantes bajo las condiciones operacionales de enero de 2011 y las emisiones que se generarían al aplicar la estrategia propuesta.
- c) Determinar los beneficios potenciales en 2011 y para tres escenarios futuros, en términos de reducción de emisiones de gases contaminantes.

Planeación para la elaboración del modelo de simulación y su experimentación

Hay una secuencia de pasos que deben seguirse para la elaboración del modelo de simulación y para la realización de los experimentos con él. Los pasos que se siguieron son los siguientes [1]:

- Formulación del problema.
- Conceptualización del modelo.
- Recolección y procesamiento de datos tomados de la realidad.
- Construcción del modelo en un programa de computadora.
- Realización de pruebas piloto.
- Validación y verificación del modelo.
- Diseño de los experimentos de simulación.
- Simulaciones con el modelo.
- Análisis de los resultados de las simulaciones.

Formulación del problema

Cualquier estudio de simulación debe iniciar con el establecimiento del problema a resolver. Los objetivos indicarán las preguntas que deben responderse mediante la simulación. Como se señaló en la introducción, el principal reto del AICM es la enorme demanda de servicios que debe atender. Debido a que el AICM es la principal infraestructura aérea de México, también es la que genera los mayores volúmenes de gases contaminantes, derivados de la operación misma y adicionalmente por la

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

congestión de aeronaves. Por lo anterior, sería deseable aplicar una estrategia de atención de aeronaves que disminuya dichas emisiones contaminantes. Para ello, la nueva estrategia cambia el orden de atención tradicional de las aeronaves, por otro que minimiza dichos valores. Por lo anterior se desarrollará un modelo de simulación de eventos discretos del AICM, en donde se aplicará la estrategia propuesta, para compararla con la situación actual y determinar los beneficios potenciales.

Modelo conceptual

Es recomendable empezar con un modelo simple para después modificarlo hasta uno de mayor complejidad. En esta etapa se definieron qué aspectos del sistema se representaron en el modelo y cuáles no, además, se estableció con qué nivel de detalle se hace dicha representación. Se puede considerar que el sistema de interés está formado por un conjunto de aeronaves en el aire que solicitan permiso para aterrizar y otro conjunto de aeronaves en tierra que solicitan permiso para despegar. Aunque ambos conjuntos de aeronaves se ubican en lugares distintos, están ordenados en una secuencia definida, de acuerdo con el momento que solicitaron su servicio, así la primera aeronave que haya solicitado realizar alguna operación de aterrizaje o despegue, será la primera en ser atendida. Por otro lado, ya que la separación de las pistas del AICM, no permite operaciones simultáneas, sino solamente secuenciales, se puede considerar una primera restricción al modelo, la cual señala que ambas pistas no tienen autorización de dar servicio al mismo tiempo. Esta condición establece la capacidad actual del conjunto de las dos pistas del AICM de 61 operaciones/hora, o su equivalente, 1.02 operaciones/minuto.

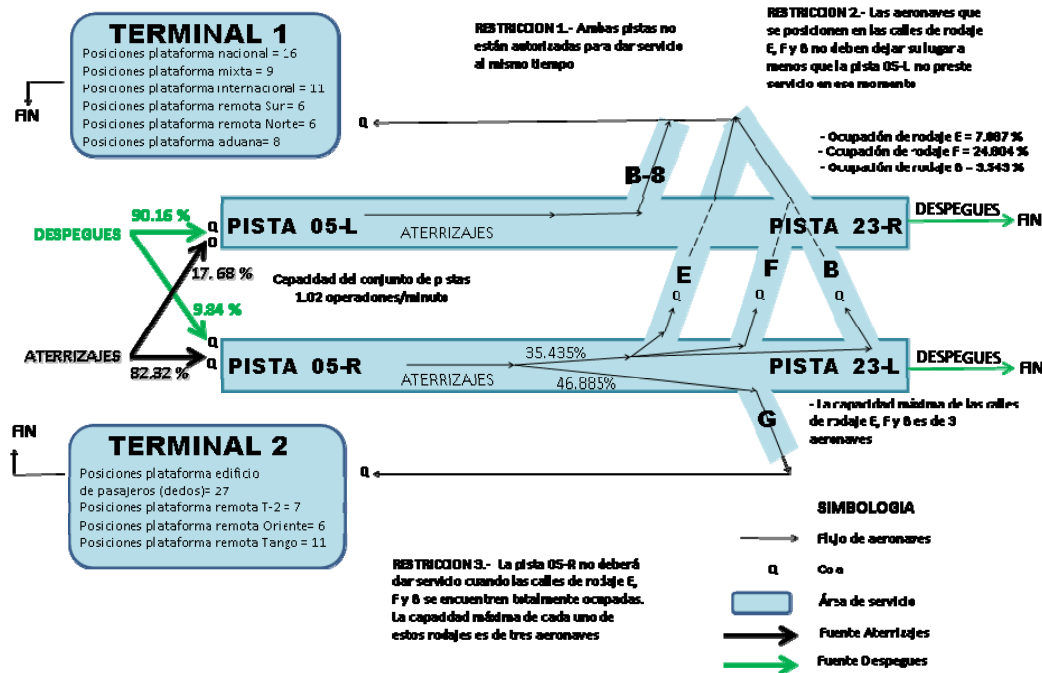
También, es preciso indicar los principales tipos de aeronaves que operan en el AICM. Esta clasificación se estableció para las aeronaves que solicitan aterrizar o despegar dado que estas serán utilizadas como la fuente de generación de aeronaves para elaborar el modelo, y dado que el orden de atención de las aeronaves es establecido por el orden en que solicitan el servicio, se pueden considerar dos colas, una en despegues y otra en aterrizajes. La clasificación de estas aeronaves se realizó tomando en cuenta el número de operaciones que se tiene a lo largo de cada periodo de prueba que se realizará, ordenándolas por tipo de aeronave y hora de operación, para posteriormente tomar los tipos de aeronaves con un número de muestra mayor que 10, con objeto de tener una muestra representativa. Los tipos de aeronave que no cumplen con la condición anterior fueron ordenados de acuerdo con su peso, clasificado por la estela de turbulencia que generan, ya sea como aeronaves pequeñas, grandes o pesadas. Una vez determinados los principales tipos de aeronaves que operan en el AICM, es de gran importancia conocer cómo es el funcionamiento del tránsito del parque aeronáutico dentro del “lado aire”¹ del AICM.

El movimiento del parque aéreo dentro del lado aire del AICM es como sigue: Tomando en cuenta el total de aterrizajes realizados, se observó que a la Terminal 1 corresponde el 43.04% y a la Terminal 2, el 56.96%. En general, los aterrizajes se realizan en la pista 05-R (en el 82.32% de los casos), y si su destino es la Terminal 2, desalojan en el rodaje G (Golfo) en el 46.88% de los casos. Las aeronaves que tienen como destino la Terminal 1, desalojan la pista 05-R, por el rodaje F (Fox), E (Eco) o B (Bravo), en las siguientes proporciones 24.08%, 7.08% ó 3.54% respectivamente. El resto de los aterrizajes (17.68%) se realiza en la pista 05-L, desalojando por el rodaje B-8, si el destino de las aeronaves es la Terminal 1. Por lo general, todas las aeronaves que aterrizan por la pista 05-L tienen como destino la Terminal 1. Cuando las aeronaves aterrizan en la pista 05-R y tienen como destino la Terminal 1, deben cruzar por la pista 05-L al salir de su rodaje; esta situación genera otra restricción en el modelo, la cual consiste en que las aeronaves que se posicionen en las calles de rodaje E, F y B, no deben cruzar, a menos que la pista 05-L no presente servicio en ese momento. La situación descrita anteriormente puede originar que los rodajes E, F y/o B se saturen, debido a que la longitud que presentan limita su capacidad. Esta restricción en el modelo establece que la pista 05-R no deberá

¹ Los aeropuertos se dividen en dos partes. El lado aire (*air-side*), que incluye las pistas (para aterrizajes y despegues), calles de rodaje y las posiciones de atraque de las aeronaves; y el lado tierra (*land-side*), que está dedicado a los usuarios e incluye terminal de pasajeros, zonas de comercio, aduanas, servicios y estacionamiento de automóviles.

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

prestar servicio cuando las calles de rodaje E, F y B se encuentren totalmente ocupadas. La capacidad máxima de cada uno de estos rodajes es de tres aeronaves. Una vez que las aeronaves han desalojado las pistas y rodajes, son dirigidas a las plataformas, hangares o aduanas, de acuerdo con el tipo de vuelo y terminal de destino. Se consideró que el proceso de aterrizaje termina una vez que las aeronaves son dirigidas, ya sea a la Terminal 1 ó la Terminal 2 y toman contacto con la posición de atraque asignada dentro de la plataforma de destino, por lo que este proceso también incluye el rodaje realizado por las aeronaves dentro de las instalaciones del aeropuerto. Cuando las aeronaves han llegado a su posición de atraque, existe un tiempo de procesamiento, el cual incluye el tiempo de desembarque de pasajeros, carga y equipaje, el tiempo de carga del avión (equipaje, carga y combustible) y el tiempo de embarque de pasajeros. Durante este tiempo las aeronaves se encuentran estáticas y con los motores apagados, una vez que las aeronaves han cumplido con el tiempo de ocupación en cada posición asignada dentro de las plataformas, este proceso termina. El proceso de despegue, dentro del modelo, termina una vez que las aeronaves desalojan la pista que ocuparon para esta operación y en ese momento se abre la posibilidad para realizar una nueva operación, ya sea despegue o aterrizaje, según se haya solicitado. La distribución típica de ocupación de las pistas por las aeronaves en la operación de despegue es la siguiente: pista 05-L, con un 90.16% y pista 05-R, con un 9.84%. Con base en la información anterior se elaboró el modelo conceptual del sistema bajo estudio, el cual se muestra esquemáticamente en la Figura 1.



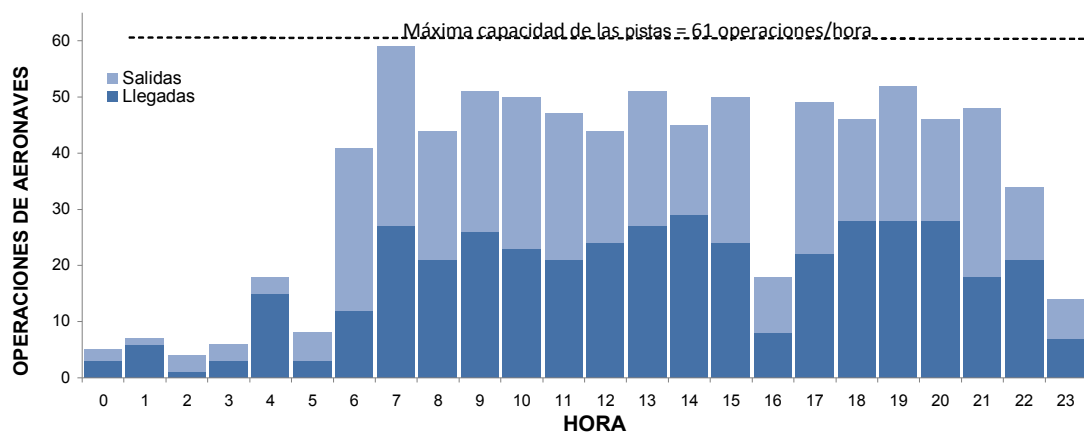
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Modelo conceptual del AICM.

Recolección y procesamiento de datos operativos

Hay una constante interacción entre la construcción del modelo y la recolección de los datos necesarios para su funcionamiento. Los objetivos del estudio establecen, en gran medida, la clase de datos que deben ser obtenidos. Mediante estos datos se obtendrán los valores de los parámetros que serán utilizados durante la programación del modelo de simulación. Con base en la información operativa estadística, se establecieron las distribuciones empíricas de los tiempos de llegada y salida de los principales tipos de aeronaves que operan dentro del aeropuerto, las cuales son la base para todas las fuentes que generan los flujos de aeronaves dentro del sistema que se modela. Como primer paso es necesario conocer el comportamiento de las operaciones en el AICM, en el transcurso del tiempo, ya que esto nos permite tener un panorama de cómo plantear el modelo y la forma de

operación del sistema. En la Figura 2 se ilustra el comportamiento de las operaciones en las pistas del AICM, en un día típico de operaciones (enero de 2011). En esta figura se observa la existencia de dos patrones marcados en el comportamiento del número de operaciones por hora, a lo largo del día. El primero se encuentra entre las 0 y 6 horas; en este intervalo se registra muy poca actividad, con tan solo 48 operaciones, las cuales representan el 5.73% del total de operaciones diarias. El segundo comportamiento se observa después de las 6 horas y hasta la media noche. Durante esta etapa se efectuó el mayor número de operaciones (789 operaciones), lo que representa el 94.27% de las operaciones totales diarias del AICM. Observe cómo la actividad después de las 6 horas se incrementa, y además, cómo durante las primeras horas se presentan más despegues que aterrizajes, en cambio por la tarde-noche sucede un proceso inverso, de esta forma durante un día completo de operación se equilibra la cantidad de salidas con la de llegadas.



Fuente: Elaboración propia, con base en información de Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM).

Figura 2. Operaciones durante un día típico de enero de 2011 en el AICM.

Derivado del análisis anterior se tomó la decisión de que la simulación se divida en dos submodelos que representen cada uno de estos comportamientos; el primero abarca el periodo de las 0 a las 6 horas, y el segundo de las 6 a las 24 horas.

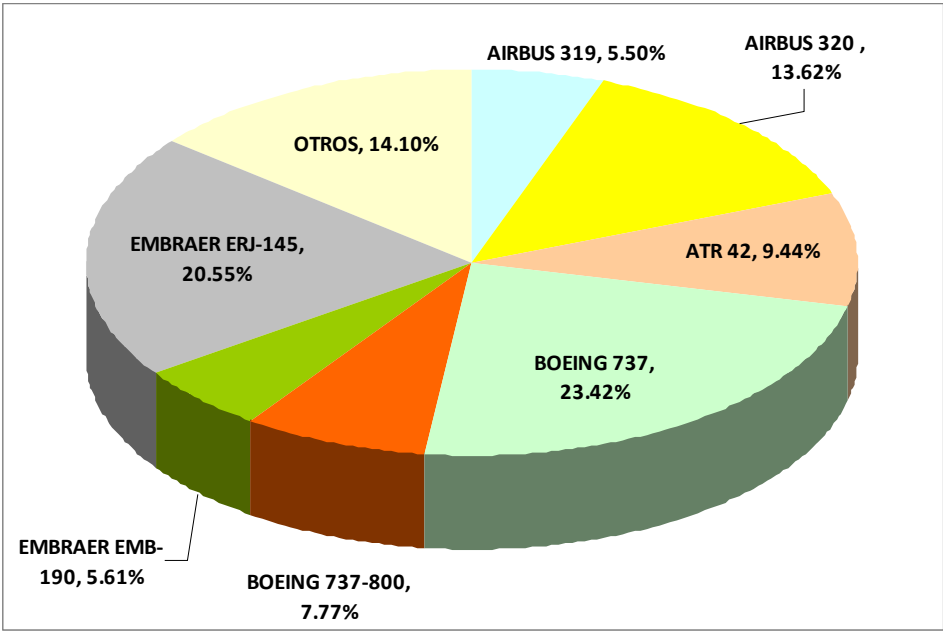
Por otro lado, en la Figura 3 se muestran los porcentajes de operaciones realizadas en el AICM, por los distintos tipos de aeronaves de la aviación comercial. En total fueron observados 39 tipos diferentes de aeronaves, sin embargo, fueron siete los tipos de aeronaves que presentan la mayor demanda de servicio, el resto se encuentra agrupado dentro de “Otros”, ya que su demanda de servicio es reducida. La concentración de las operaciones en ciertos tipos de aeronaves es más marcada en algunos tipos, por ejemplo, el Boeing 737, el Embraer ERJ-145, y el Airbus 320, concentran más de la mitad (57.58%) de las operaciones de despegue y aterrizaje.

Distribuciones de probabilidad de las tasas de llegada y salida de aeronaves

Con base en los tiempos de llegada y salida de las aeronaves al AICM, es posible obtener funciones de densidad de probabilidad (fdp) empíricas, con el objeto de posteriormente determinar fdp teóricas que describan dichos comportamientos. Posteriormente, estas fdp teóricas serán utilizadas para el desarrollo del modelo de simulación en un programa de computadora. Como primer paso en la obtención de estas fdp se determinó el tamaño mínimo de muestra, con el propósito de establecer valores representativos para cada tipo de aeronave. Para ello, inicialmente se obtuvo el número de operaciones que realiza cada tipo de aeronave por día, procediendo posteriormente a determinar el tamaño mínimo de muestra, el cual fue de diez aeronaves. Con base en el tamaño mínimo de muestra se agruparon los diferentes tipos de aeronaves que cumplieron esta condición, lo cual arrojó los 7 principales tipos de aeronaves que se muestran en la Figura 3, más el grupo de “otros” tipos. Con el fin de asignar un tipo específico de aeronave a cada una de las pertenecientes al grupo de otros tipos, éstas

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

fueron agrupadas de acuerdo con la clasificación de estela de turbulencia, la cual está definida en función del máximo peso de despegue certificado [7]. La clasificación es la siguiente: pesada, son aquellas aeronaves con un peso superior a 255,000 libras; grande, aeronaves de más de 41,000 libras y hasta 255,000 libras; y chica, para aeronaves de hasta 41,000 libras. De acuerdo con la clasificación anterior se obtuvieron 10 grupos, que fueron los incorporados en el modelo de simulación, estos son: Airbus 320, Airbus 319, ATR-42, Boeing 737, Boeing 737-800, Embraer EMB-190, Embraer ERJ-145, clase pesada, clase grande y clase pequeña.



Fuente: Elaboración propia, con base en información de SENEAM.

Figura 3. Porcentaje de operaciones realizadas por los distintos tipos de aeronaves en el AICM (2011).

Debido a la reducida actividad aérea en el periodo de las 0 a las 6 horas, no es posible obtener el número de muestra mínimo representativo para algún tipo de aeronave, por lo cual, para este intervalo de simulación todas las operaciones fueron incluidas en dos grupos, uno para despegues y otro para aterrizajes. Con objeto de estimar las fdp de los tiempos entre llegadas y salidas en el AICM, para los principales grupos de aeronaves señalados antes, primero se registró la hora en que las aeronaves aterrizaron y/o despegaron del aeropuerto. Con base en esta información se obtuvieron los tiempos entre llegadas y entre salidas, al calcular las diferencias sucesivas entre cada una de estas operaciones. Posteriormente, estos datos fueron resumidos en histogramas de frecuencias, a partir de los cuales se determinaron las fdp empíricas asociadas. Enseguida, mediante las pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling, se probó que las fdp empíricas se podían modelar mediante fdp teóricas conocidas.

Un resumen de las fdp obtenidas se presenta en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Funciones de densidad de probabilidad de los despegues y aterrizajes (0 - 6 horas).

Operación	Función de densidad de probabilidad
Despegues	Johnsonbounded (0.90892, 68.631, 0.73820, 0.41987)
Aterrizajes	beta(0.81863, 121.62, 0.50064, 5.3170)

Fuente: Elaboración propia con base en información de SENEAM.

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

Tabla 2. Funciones de densidad de probabilidad de los despegues (6 - 24 horas).

Tipo de aeronave	Función de densidad de probabilidad
Airbus A319	Weibull (0.6180, 46.16, 0.8675)
Airbus A320	Johnson SB (0.0132, 101.8, 1.525, 0.7471)
ATR-42	Weibull (0.0, 23.89, 1.100)
Boeing 737	Weibull (0.5622, 10.28, 0.8688)
Boeing 737-800	Beta (0.5616, 89.78, 0.5861, 1.198)
Embraer EMB-190	Lognormal (0.6311, 14.37, 1.537)
Embraer ERJ-145	Erlang (0.0, 11.72, 1.0)
Pesada	Lognormal (1.783, 12.79, 1.860)
Grande	Pearson T6 (0.1801, 209.4, 1.065, 4.835)
Pequeña	Pearson T6 (0.0, 129.2, 1.129, 2.721)

Fuente: Elaboración propia con base en información de SENEAM.

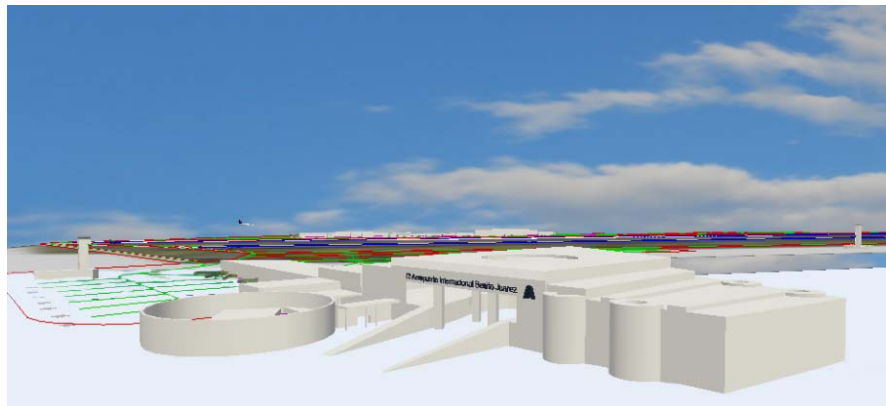
Tabla 3. Funciones de densidad de probabilidad de los aterrizajes (6 - 24 horas).

Tipo de aeronave	Función de densidad de probabilidad
Airbus A319	Gamma (0.0, 36.55, 1.192)
Airbus A320	Pearson T6 (0.7073, 1881.9, 0.8533, 98.48)
ATR-42	Weibull (0.0, 24.37, 1.165)
Boeing 737	Erlang (0.9220, 10.62, 1.0)
Boeing 737-800	Lognormal (0.0, 15.55, 1.090)
Embraer EMB-190	Johnson SB (0.0344, 311.8, 1.557, 0.6242)
Embraer ERJ-145	Weibull (0.5278, 10.83, 0.8915)
Pesada	Johnson SB (2.469, 539.9, 1.700, 0.5790)
Grande	Gamma (3.819, 105.9, 0.7767)
Pequeña	Beta (0.8530, 413.4, 0.5496, 3.784)

Fuente: Elaboración propia con base en información de SENEAM.

Construcción del modelo en un programa de computadora

En esta etapa, el modelo conceptual especificado se codificó en un formato reconocido por una computadora. Debido a los requerimientos para simular las operaciones del AICM con el nivel de detalle señalado antes, es necesario contar con un programa flexible que permita crear modelos complejos en corto tiempo. Un programa que brinda estas características es FlexSim, por lo cual éste fue utilizado. Cabe señalar que dicho programa tiene la ventaja adicional de obtener visualizaciones en tercera dimensión del modelo (Figura 4).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Vista en tercera dimensión del modelo de simulación del AICM.

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

Pruebas piloto

Con base en las pruebas piloto se realizaron pequeños ajustes para afinar el modelo de simulación. Además, estas pruebas sirvieron para familiarizar al modelador con los resultados arrojados por las simulaciones y para auxiliar en la validación del modelo.

Validación y verificación del modelo.

Se dice que un modelo es válido si representa adecuadamente al sistema que está siendo modelado. Si el modelo ha sido diseñado para un sistema ya existente, entonces la validación del modelo puede ser evaluada al comparar los resultados de las simulaciones del modelo contra los datos del comportamiento del sistema real. Si los comportamientos, entre el modelo y el sistema real, son consistentes, el modelo es válido. Por otro lado, el propósito de la verificación del modelo es asegurar que el modelo conceptual está reflejado con precisión en su representación computarizada. Se dice que verificar es construir correctamente el modelo, mientras que validar es construir el modelo correcto.

Una vez desarrollado el modelo de simulación y mediante las pruebas piloto fue posible verificar que el modelo opera y reproduce fielmente las características del modelo conceptual. Las pruebas que se realizaron para la verificación del modelo, y que en todos los casos resultaron satisfactorias, fueron las siguientes:

- Verificación de la restricción número 1 del modelo (las dos pistas del aeropuerto, no pueden prestar servicio en forma simultánea, sólo secuencial).
- Verificación de la distribución porcentual de operación en las dos pistas, ya sea en aterrizajes o en despegues.
- Verificación de la distribución de destinos de las aeronaves hacia las terminales del aeropuerto.
- Verificación de la utilización de las calles de rodaje, de las aeronaves que tienen como destino la Terminal 1.
- Verificación de la restricción número 2 del modelo (las aeronaves que se posicionen en las calles de rodaje ECO, FOX y BRAVO no deben dejar su lugar a menos que la pista 05-L no esté prestando servicio en ese momento).
- Verificación de la restricción número 3 del modelo (la pista 05-R no debe ofrecer servicio cuando las calles de rodaje ECO, FOX y BRAVO se encuentren totalmente ocupadas).
- Verificación de las distribuciones y tiempos de ocupación de las aeronaves en las posiciones de atraque, en las plataformas de las dos terminales del aeropuerto.
- Verificación de la capacidad máxima del conjunto de las dos pistas.

Diseño de los experimentos para la estimación de las emisiones bajo distintos escenarios

Se realizaron tres experimentos, en el primero se estimaron las emisiones de CO₂ generadas en el AICM, bajo las condiciones operativas de enero de 2011, durante las fases de aterrizaje y despegue de las aeronaves, y también durante su rodaje. En el segundo experimento, con base en las emisiones unitarias de CO₂ por tipo de aeronave, los tiempos de operación, y las demoras de las aeronaves en las colas, se aplicó una estrategia que permite reducir las emisiones de gases contaminantes. Por último, en el tercer experimento se estimó y evaluó el efecto del crecimiento de la demanda en las pistas del AICM, considerando tres escenarios futuros, considerando una ocupación de las pistas del 80%, 90% y 100% de su capacidad máxima.

Estimación de emisiones de CO₂ en el AICM, bajo las condiciones operacionales de enero de 2011

La estimación de las emisiones para cada aeronave iniciará en el momento en que ésta solicite servicio en pista, ya sea para despegar o aterrizar. Una vez que las aeronaves obtienen permiso para aterrizar, éstas se dirigen hacia la pista que les fue asignada y realizan esta operación, para posteriormente desalojarla por alguno rodaje y en seguida se dirigen hacia su terminal de destino, utilizando las calles de rodaje del aeropuerto. Una vez que la aeronave llega a la plataforma de destino en su terminal, ésta se detiene en la posición de atraque asignada y apaga sus motores, para realizar el desembarque de los

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

pasajeros, equipaje y carga. En ese momento se considera que termina el proceso de aterrizaje de la aeronave, y por lo tanto finaliza la emisión de CO₂ de esta aeronave.

En el caso de que una aeronave obtenga el permiso para despegar, ésta es dirigida desde su plataforma hacia el umbral de la pista que le fue asignada, en donde puede haber una línea de espera, posteriormente, al tocarle su turno inicia su carrera de despegue, hasta que la aeronave levanta la nariz para comenzar su ascenso inicial. Para fines prácticos y delimitar hasta qué punto termina el proceso de despegue, al modelo de simulación se le agregó un sumidero (*sink*), a una distancia de 900 metros del umbral de la pista, en donde las aeronaves son eliminadas del modelo. Una vez delimitados y definidos los tiempos a considerar para la estimación de la emisión de gases contaminantes, se debe definir el consumo de combustible por unidad de tiempo de los distintos tipos de aeronaves que operan en el AICM. La determinación del consumo de combustible por tipo de aeronave se fundamentó en la tabla de consumos de combustible por distancia recorrida. Dicha tabla es parte de la calculadora de emisiones, de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) [8]. Una vez que se han obtenido los consumos de combustible por unidad de tiempo, se requiere una relación que indique cuanta es la generación de gases contaminantes producidos por la quema del combustible. De acuerdo con la OACI [8] por cada litro de combustible de aviación para turbina (turbosina) quemado se generan 2.5887 kilogramos de dióxido de carbono. Considerando un peso específico de la turbosina igual a 0.82 kg/lit, que corresponde a una temperatura de 22° C, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.

Con base en el modelo de simulación, se estimaron los tiempos particulares de servicio (t_i) para cada operación de las aeronaves, durante los despegues y aterrizajes. Posteriormente, estos tiempos fueron relacionados con el consumo unitario de combustible, por tipo de aeronave (litros/minuto) y de esta forma se obtuvo el consumo total de combustible para cada operación. Una vez obtenido este consumo, se prosiguió a estimar la generación de CO₂, derivado de la combustión de la turbosina, considerando el tiempo que se requirió en cada operación, mediante la relación de generación de contaminantes establecida por la OACI. Siguiendo estos pasos se estimó la cantidad de dióxido de carbono generado por las distintas aeronaves que operan durante un día completo, en el AICM, considerando la demanda de servicio existente en enero de 2011.

Algoritmo heurístico para reducir las emisiones de CO₂ generadas por las aeronaves, bajo las condiciones operativas de enero de 2011

Este enfoque se fundamenta en tres principios establecidos [6]:

Principio uno: Considere un grupo de $n-1$ aeronaves en el cual es conocida la secuencia de atención que genera las emisiones mínimas. Suponga que posteriormente es agregada un n -ésima aeronave; el orden de atención que presenta las emisiones mínimas para este nuevo grupo corresponde a alguna de las n alternativas, en las cuales la aeronave n es colocada al inicio, entre o al final de la secuencia de atención que inicialmente ofrece las emisiones mínimas para las $n-1$ aeronaves. Este principio crea la posibilidad de obtener la secuencia de atención que ofrece las emisiones mínimas, de una manera rápida y sin la necesidad de enumerar y calcular todas las alternativas.

Principio dos: El orden de atención que genera la emisión máxima es el orden inverso a la secuencia que genera la emisión mínima.

Principio tres: El valor de las emisiones promedio es la media de las emisiones mínima y máxima

Este algoritmo fue aplicado para estimar los beneficios potenciales de reordenar la secuencia de atención de las aeronaves, durante los despegues y aterrizajes en el AICM. Para lo anterior, las aeronaves fueron separadas en grupos de dos, tres, cuatro, ..., N aeronaves, dependiendo de cuántas fueron las que solicitaron servicio en pista, ya sea para despegue o aterrizaje, en un lapso menor a un minuto, lo que genera colas de espera. Para cuantificar los beneficios potenciales de esta estrategia fue necesario obtener las emisiones que se producen al aplicarla y compararlas contra las que se generan bajo la condición de operación actual, bajo el principio FCFS. La diferencia entre estos valores es la estimación del beneficio potencial.

Estimación de las emisiones de CO₂ para tres escenarios futuros y su reducción al aplicar una nueva política operacional en el AICM

Se consideraron tres escenarios futuros, en los que el conjunto de las dos pistas del AICM opera al 80%, 90% o al 100% de su capacidad máxima. Para establecer estos escenarios fue necesario obtener las tasas de llegada y de salida de cada uno de los principales tipos de aeronaves, que operan en el AICM. Se supuso que este comportamiento tiene un crecimiento lineal hasta alcanzar las condiciones que se establecen para cada escenario. Esta información fue incorporada a un modelo de simulación de eventos discretos [9]. El siguiente paso fue aplicar la estrategia que reduce las emisiones de CO₂, al cambiar el orden de atención tradicional de las aeronaves. Después, estos datos fueron comparados con las emisiones que se obtendrían con la política de atención actual, las diferencias de estos valores establecen los beneficios potenciales de aplicar la nueva estrategia, en términos de reducción de emisiones de CO₂.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la estimación de emisiones de CO₂ en el AICM, bajo las condiciones operacionales de enero de 2011 y con la nueva política de atención de aeronaves

En la Tabla 4 se presenta la distribución de los tiempos promedio que requieren las aeronaves en los distintos procesos durante su operación típica. Observe que los procesos en las colas requieren el 37% del tiempo que una aeronave utiliza en realizar su operación, ya sea despegue o aterrizaje, lo que representa más de un tercio del tiempo total. Este es un punto clave, ya que esta situación es una de las causas que incrementa las emisiones de gases contaminantes por las aeronaves.

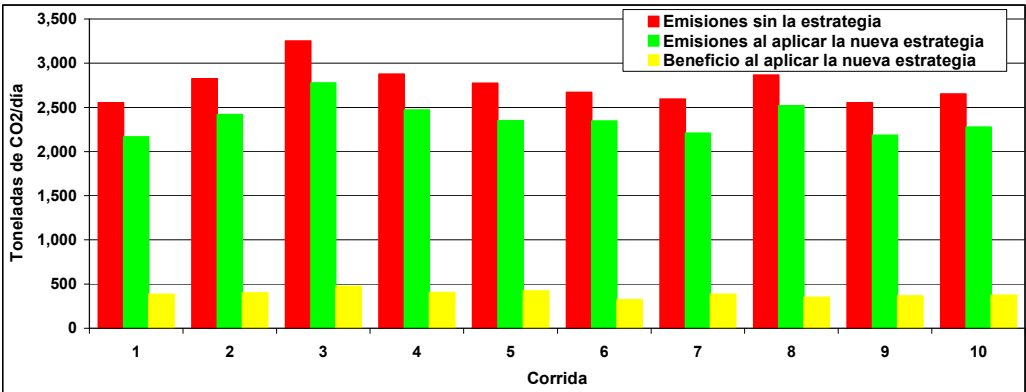
Tabla 4. Tiempos promedio en una operación típica de despegue o aterrizaje.

Proceso en:	Tiempo (minutos)	Tiempo (%)
Pistas	0.42	5
Rodajes	4.95	58
Colas	3.13	37

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del modelo de simulación.

Las emisiones de CO₂ fueron estimadas al multiplicar los tiempos totales de proceso de cada aeronave por el valor de sus respectivas emisiones unitarias. Después de haber obtenido la estimación de las emisiones generadas por las aeronaves bajo las condiciones operativas de enero de 2011, se aplicó la nueva estrategia, para comparar las emisiones y obtener cuantitativa los beneficios esperados.

En la Figura 5 se presentan gráficamente los resultados obtenidos en cada una de las diez corridas de simulación realizadas. Se pueden comparar las emisiones de CO₂ generadas con la política actual y las que resultan cuando se aplica la nueva estrategia, además se presentan los beneficios obtenidos (reducción de emisiones).

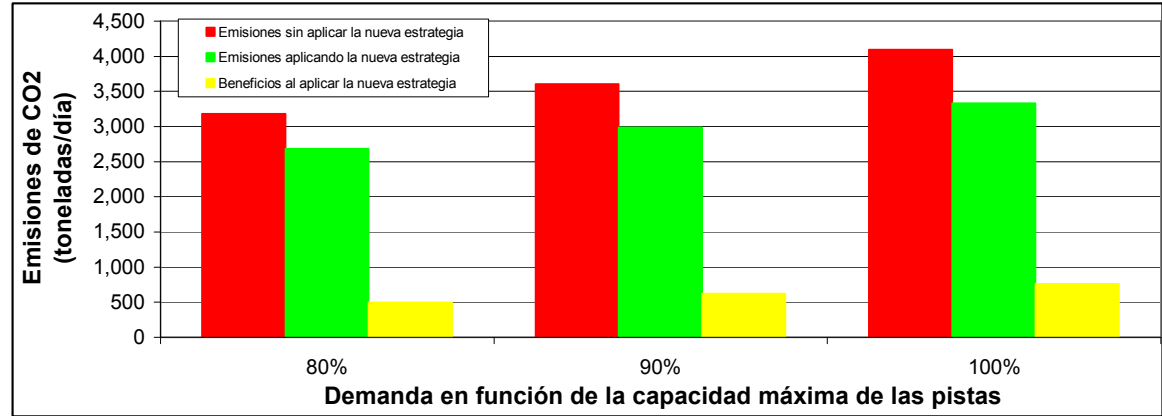


Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Emisiones de CO₂ bajo las condiciones operacionales de enero de 2011

Resultados de la estimación de emisiones de CO₂ para tres escenarios futuros y su reducción al aplicar la estrategia propuesta

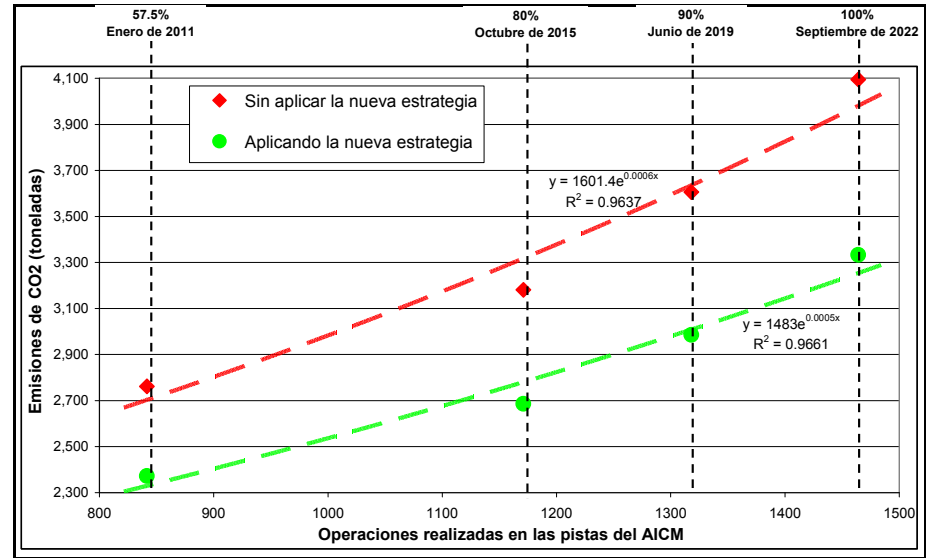
En la Figura 6 se presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada escenario planteado. Se presentan las estimaciones de las emisiones generadas por las aeronaves operando con el orden de atención tradicional (barras rojas), así como las que resultan al aplicar la nueva estrategia (barras verdes). Las diferencias de estos valores representan el beneficio potencial de la nueva estrategia (barras amarillas). Conforme se acerca la demanda de servicio a la capacidad máxima de las pistas, se incrementan las emisiones de CO₂, pero también los beneficios potenciales de la nueva estrategia. Se puede obtener hasta un 19% en la reducción de las emisiones de CO₂ ó 762 toneladas de CO₂ por día, cuando se aplica la nueva estrategia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Emisiones de CO₂ para tres escenarios futuros.

Con base en las emisiones estimadas bajo las condiciones operativas de enero de 2011 y las estimadas para los tres escenarios futuros, se buscó la correlación con el crecimiento de la demanda en las pistas del AICM. La Figura 7 muestra dicha correlación, observe que se han incluido las líneas de tendencia que correlacionan exponencialmente los datos graficados. También, note que las emisiones y la demanda tienen una correlación exponencial, con un coeficiente de determinación alto. Por esto, se verifica lo establecido en la hipótesis de trabajo: se generan volúmenes de gases contaminantes con una proporción exponencial conforme aumenta la demanda del aeropuerto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Comportamiento exponencial de la generación de CO₂ conforme se incrementa la demanda.

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

En la Figura 7 también, se indican las fechas estimadas en las que se obtendrían las demandas de 80%, 90% y 100% de la capacidad máxima, considerando un crecimiento moderado de la demanda [9]. De acuerdo con estas estimaciones pronto se alcanzarán valores críticos en la operación del AICM. Por último, también se observa que la tendencia de las emisiones generadas con la política actual de atención de aeronaves (línea roja) crece más rápido que la de las emisiones generadas cuando se aplica la nueva estrategia (línea verde). Esta divergencia en las tendencias origina que conforme aumente la demanda de servicio en las pistas, los beneficios también se incrementarán en forma más acelerada.

CONCLUSIONES

Al aplicar la estrategia propuesta, se obtienen ahorros significativos en la reducción de emisiones de gases contaminantes en el AICM, además, se generan volúmenes de gases contaminantes con una proporción exponencial, conforme aumenta la demanda de servicio.

Se observó que durante su operación en el aeropuerto, las aeronaves consumen un tiempo significativo en las líneas de espera. En promedio esto representó el 37% del tiempo total utilizado en cada operación. Por esto, se debe buscar reducir las colas, dado que éstas son un factor importante en la generación de gases contaminantes.

La actividad aérea en el AICM, considerando los despegues, aterrizajes y el movimiento de las aeronaves dentro del aeropuerto, generó en enero de 2011, un promedio de 2,762 toneladas diarias de CO₂. Al aplicar la estrategia propuesta, se estimó que se pueden reducir hasta en un 14% estas emisiones, lo que se traduce en una reducción del orden de 390 toneladas de CO₂ diarias.

También, se observó que conforme se acerca la demanda de servicio a la capacidad máxima de las pistas, se incrementan las emisiones de CO₂, pero también los beneficios potenciales al aplicar la nueva estrategia. Así, para una demanda de servicio igual al 100% de la capacidad máxima de las pistas, se puede obtener hasta un 19% en la reducción de emisiones, lo cual corresponde a 762 toneladas de CO₂ por día.

La aplicación de la estrategia planteada con base en un algoritmo heurístico, puede reducir considerablemente las demoras de las aeronaves en su operación, y también, las emisiones de CO₂, lo cual implica cambiar el orden de atención tradicional de las aeronaves. Sin embargo, esto requiere el desarrollo e implementación de nuevos procedimientos de control de tránsito aéreo y, sobre todo, lograr acuerdos con las diversas aerolíneas y usuarios del AICM para aplicar la nueva política. Estos temas pendientes, abren nuevas líneas de investigación para el desarrollo de trabajos futuros.

REFERENCIAS

- [1] Herrera García Alfonso. 2001. Simulación de operaciones aeroportuarias. El caso de despegues y aterrizajes en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Publicación Técnica No. 180, Instituto Mexicano del Transporte. México.
- [2] Poder Ejecutivo Federal (PEF). 2009. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto de 2009. México.
- [3] Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. 2007. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. México.
- [4] Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). 2008. Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012. México.

Servin y Herrera – Estrategia para reducir las emisiones de gases contaminantes en aeropuertos saturados

- [5] Herrera García Alfonso. 2011. Estrategia para minimizar los costos de operación de las aeronaves y las demoras de los pasajeros en aeropuertos saturados. Publicación Técnica No. 343, Instituto Mexicano del Transporte. México.
- [6] Herrera García Alfonso y Moreno Quintero Eric. 2011. Strategy for attending takeoffs and landings to reduce the aircraft operating costs and the passenger delays. European Journal of Transport and Infrastructure Research. Volume 11. Issue 2. April 2011, pp. 219-233. <http://www.ejtir.tbm.tudelft.nl/issues/index.asp>. Holanda.
- [7] Federal Aviation Administration (FAA). 2010. Air Traffic Control. JO 7110.65T. U.S. Department of Transportation. Effective Date: February 11, 2010. USA.
- [8] <http://www2.icao.int/en/carbonoffset/Documents/ICAO%20MethodologyV3.pdf>
- [9] Herrera García Alfonso. 2012. Modelo de simulación de operaciones aéreas en aeropuertos saturados. El caso del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Publicación Técnica en edición, Instituto Mexicano del Transporte. México.

THE POTENTIAL FOR AIRPORT-TO-AIRPORT MUTUAL AID IN THE LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN REGION

J. F. Smith

Technical Director, Port Resiliency Program (PReP), AmericasRelief Team, 7400 NW 7th
Street, Unit 101, Miami, Florida 33126 USA

Email: js@americasrelief.org

ABSTRACT

This study examines the feasibility of an airport-to-airport mutual aid program across international borders throughout the Latin America and the Caribbean (LAC) region. The analysis describes two model U.S. mutual aid programs and focuses on identifying need, benefits, programmatic requirements, stakeholders, obstacles, and solutions. A “flight plan” provides guidelines for developing and implementing a cross-border airport-to-airport mutual aid program.

Keywords: airport, mutual, aid, international, cross-border

INTRODUCTION

The potential benefits of cross-border airport-to-airport mutual aid programs in the Latin American and Caribbean (LAC) region are promising. Because aviation is a network, a disruption at a single airport can result in a cascade of negative impacts on a wide variety of stakeholders. Therefore, maximizing the efficiency and effectiveness of airport responses to disasters can improve regional and national resiliency and help maintain continuity of business. In an area where airborne commerce is essential to socioeconomic health, resources are limited, and tropical storms and hurricanes are regular events, sharing resources and capabilities in a focused, preplanned manner could make a profound difference in preparing for, responding to, and recovering from natural disasters.

When a major emergency or disaster strikes, LAC airports face an extraordinary range of external and internal pressures. An airport may be damaged and need outside help to repair and reopen. Operations unfold at a much more rapid pace than usual to support disaster response and recovery, and personnel may need to work with different types of aircraft and equipment than they are accustomed to. Moreover, in the immediate aftermath of the disaster, the airport’s own employees face additional strain from the pressing need to care for their loved ones and property. To address this wide range of needs, qualified personnel from airports participating in a mutual aid program can assist and supplement the airport’s own managers and employees.

Traditionally, airport-to-airport mutual aid across national boundaries in the LAC region has been viewed as impractical, impossible, or both due to perceptions regarding cultural, legal, regulatory, and linguistic differences. However, following devastating hurricanes in the Southeastern U.S., airport-to-airport mutual aid provided by skilled volunteers from undamaged airports demonstrated that mutual aid programs are both practical and effective. Due to the growing recognition of the benefits of these programs, mutual aid is now also an element of current plans for airport response to earthquakes in the western U.S.

No one knows better how to help an airport than another airport [2]. The specialized functions and equipment required to operate and sustain an airport are highly similar among airports, so airport personnel from one airport can contribute effectively at another with relatively minor adjustments. Following a disaster, airport resiliency and functionality are essential to both humanitarian relief and economic recovery in the LAC region. Airport-to-airport mutual aid can be a useful, cost-effective way to promote ongoing resiliency, effective emergency

response, and timely recovery from disasters, benefitting the airport, its region, and even its nation.

WHAT IS AIRPORT-TO-AIRPORT MUTUAL AID?

A mutual aid program is a voluntary, non-contractual arrangement that provides short-term emergency or disaster assistance between two or more entities [1]. The operative concepts in this definition are “mutual” and “voluntary.” The designation of “short-term” generally refers to the emergency response phase, and sometimes to the early parts of the recovery phase.

For an airport-to-airport mutual aid program in the LAC region, the entities in the program would be airports, where the stricken airport receives aid from other airports volunteering expert professional assistance. Non-airport partners may also participate in the program, and airports outside of the LAC region would be welcome to send volunteers as well.

Effective airport-to-airport mutual aid assists and supplements existing operations; it does not supplant or replace them. It is limited solely to aviation functions, with control of the airport remaining with its designated managers.

EXISTING AIRPORT-TO-AIRPORT MUTUAL AID PROGRAMS IN THE U.S.

Examining existing mutual aid programs can provide useful models for determining the proper approach to developing such programs in the LAC region. In 2012, the Airport Cooperative Research Program (ACRP), funded by the FAA to advance the industry through research, studied the airport-to-airport mutual aid program concept. ACRP Report 73, *Airport-to-Airport Mutual Aid Program Guidebook* [2], details the following elements:

- benefits of a formal mutual-aid program;
- steps to implement and sustain a program;
- avenues for funding a mutual-aid program;
- potential liability and reimbursement issues;
- obstacles to gaining interest from potential members; and
- best practices/lessons learned from mutual-aid programs used by non-aviation industries that can be implemented in an airport-to-airport mutual-aid program at the regional and/or national level.

ACRP Report 73 examined existing airport-to-airport mutual aid programs worldwide. Two exemplary U.S. programs, the Southeast Airports Disaster Operations Group (SEADOG) and the Western Airports Disaster Operations Group (WESTDOG), stood out, and were thoroughly documented and analyzed. No comparable programs were found anywhere else in the world.

SEADOG was founded in late 2004 in response to a series of hurricanes that struck the southeastern United States. Led by airports in Savannah, Orlando, Dallas-Fort Worth, and Houston, airports were organized to provide voluntary mutual aid to any airport in the region that needed help following a disaster. The first major SEADOG deployments were to New Orleans and Biloxi-Gulfport after Hurricane Katrina in 2005 and to Houston and Jack Brooks after Hurricane Ike in 2008. More than 20 airports, including some from outside the southeastern U.S., sent aid in the form of skilled airport professionals and specialized equipment sent assistance to Louis Armstrong New Orleans International Airport in 2005 (Figure 1).

In a typical scenario, each assistance team worked five to seven days, with one day’s overlap with the incoming team. The Federal Aviation Administration (FAA) contributed conference call capabilities to facilitate coordination. SEADOG volunteers were often the earliest and most reliable source of information about the status and capabilities of the damaged airports. Since both hurricanes were presidentially declared disasters, all participating airports were eventually reimbursed through the Federal Emergency Management Agency (FEMA).

Smith – Airport-to-Airport Mutual Aid

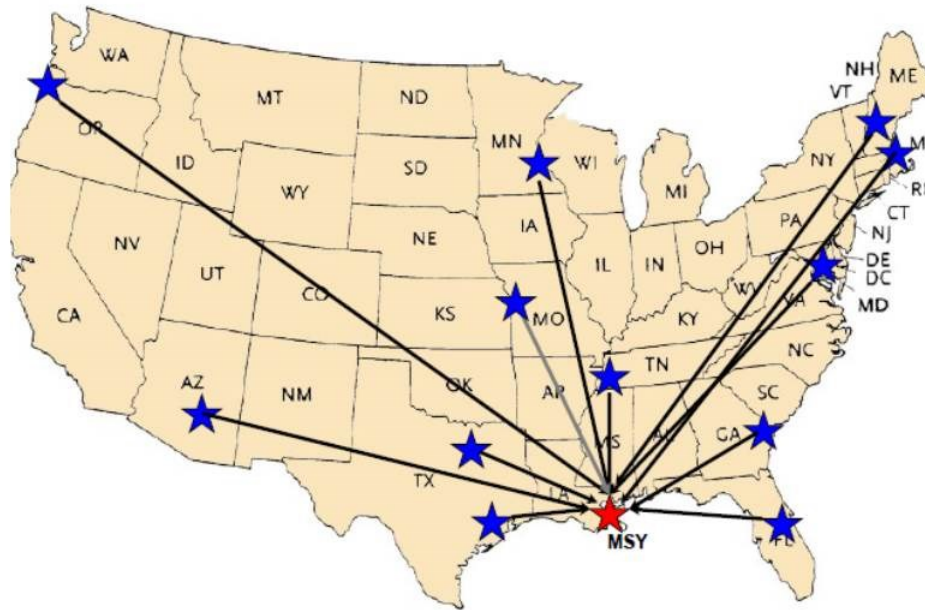


Figure 1. Airports sending aid through SEADOG to Louis Armstrong New Orleans International Airport after Hurricane Katrina, 2005

SEADOG has not been called upon to dispatch assistance teams since 2005, but it routinely stands on alert for tropical storms and hurricanes, and it was on standby to assist St. Louis and Oklahoma City after tornadoes struck city airports.

SEADOG is informally structured with no written agreements. Three airports voluntarily serve as coordinators for three geographical regions; a fourth airport coordinates law enforcement assistance; and a fifth coordinates aircraft rescue and fire fighting (ARFF) assistance. In addition, SEADOG has two dedicated rapid assessment teams that can be dispatched to quickly evaluate a damaged airport and determine which specific skills and equipment are needed. In a major enhancement in 2012, Everbridge Corporation began providing a notification service to all SEADOG airports.

Inspired by SEADOG, WESTDOG was founded in 2007. The philosophy and mission of the two groups are nearly identical, with WESTDOG focusing more on preparing for and responding to earthquakes, SEADOG to storms. WESTDOG developed a procedural manual [3] and dedicated website [4] to keep participants informed.

The most significant differences between the two DOGs are administrative, as WESTDOG designates one airport to coordinate all functions for a year with a designated back-up airport which serves as coordinator the following year, whereas SEADOG's members share functions on a rotating basis. WESTDOG also requires formal memberships and requires the sponsor of each airport to pass a resolution authorizing participation, as compared to SEADOG's more informal structure. Nevertheless, with both DOGs participation is voluntary and there are no mandatory requirements for response.

SEADOG and WESTDOG maintain close ties and communication; as a result, situational awareness and readiness to request or contribute assistance is essentially seamless across both groups. From 2007 through 2011, the two DOGs held a joint annual session in conjunction with a major general meeting of an airport industry association. Since 2012, SEADOG and WESTDOG have held annual conferences to review procedures, examine outcomes, and plan for the future.

At present, neither SEADOG nor WESTDOG has any non-airport members. They both have close associations with the FAA and with regional chapters of the American Association of Airport Executives (AAAE).

FUNDAMENTAL ASPECTS OF AN EFFECTIVE AIRPORT-TO-AIRPORT MUTUAL AID PROGRAM IN THE LAC REGION

In May of 2013, at the thirteenth meeting of Directors of Civil Aviation of the Central Caribbean (CCAR-DCA/13) in Havana, Cuba, Mr. Randy, Moseng, an FAA representative from the Office of Airport Safety and Standards, presented a working paper designed to spark discussion of initiating airport-to-airport mutual aid programs in the LAC region based upon need and capability [5]. The proposal built on ACRP Report 73 [2].

Combining information and insights from Mr. Moseng's presentation with ACRP Report 73 yields a list of 24 requirements for effective cross-border airport-to-airport mutual aid programs [2,5]. Unifying elements are effectiveness, timeliness, clear communication, interoperability, and mutual respect. Table 1 lists the 24 requirements, grouping them according to underlying philosophy, essential elements, and desirable elements. (Table 1 can also serve as an effective checklist for developing and implementing a cross-border airport-to-airport mutual aid program.) Airports should follow the International Civil Aviation Organization (ICAO) Annex 14 [7] and ICAO Publication 9137 [8] so they have strong foundation of proficiency with basic operations and emergency procedures.

While essential principles of airport-to-airport mutual aid programs would apply to cross-border mutual aid program in the LAC region, such a program would need to be structured differently to accommodate the unique social, political, and material circumstances of the international partners. Unlike the two existing airport-to-airport mutual aid programs in the United States where only airports are members, an effective cross-border program in the LAC region would need to include a broader range of members, i.e. industry partners, international organizations, governmental agencies/offices, etc., as appropriate to the situation and the needs of those involved.

Table 1. Essential and Desirable Elements in a Cross-border Airport-to-Airport Mutual Aid Program	
Type	Policy, Procedure, Process, or Step
Underlying Philosophy	Clearly defined purpose and scope
	Voluntary
	Existing bilateral, or multilateral, agreements fully considered and incorporated
	Involvement of the full range of stakeholders in all stages of the program
	Strong governmental and senior management support
	Limited to aviation-related assistance following a disaster
	Aid remains under the control of the receiving airport and is in response to that airport's requests
	No self-deployment
	No impact to the operational effectiveness of the airports sending assistance
	Basic emergency management principles are followed: disaster phase recognition, establishment of standard terminologies, command and control authority, communications, functional teams, security, training, and outreach
Essential Program Elements	A standard operating procedures (SOP) document to guide response
	Asset inventories, including a Minimum Essential Equipment (MEL) list for airport operations that identifies the minimum staffing required following a disaster and defines the required skill sets for volunteers
	Pre-planning of response plans for disaster categories by scale
	An effective communications system in place prior to activation
	Aid teams as self-sustaining as possible

Smith – Airport-to-Airport Mutual Aid

Table 1. Essential and Desirable Elements in a Cross-border Airport-to-Airport Mutual Aid Program	
Type	Policy, Procedure, Process, or Step
	Estimated costs and funding agreements established well in advance
	A broadly accepted coordination function to connect the airport in need with airports willing to send mutual aid
	Information flow and communication sufficient to allow precise matching of specific needs to volunteers, equipment, and supplies
	A method to document specific skills, both needed and available
	A rapid assessment capability to help a damaged airport identify and prioritize its needs
	Close cooperation of airlines, airports, and national agencies including customs and immigration to facilitate smooth cross-border travel by aid teams
Desir-able	Familiarization among airports in advance of disasters
	Promotion of the program, its capabilities and procedures
	Education of stakeholders

STAKEHOLDERS IN AIRPORT-TO-AIRPORT MUTUAL AID

Table 2 lists the full range of stakeholders who need to be considered when developing a cross-border airport-to-airport mutual aid program. It also indicates those likely to be involved in the sending and/or the receiving of voluntary aid.

Table 2. Stakeholders for International Airport-to-Airport Mutual Aid				
Type of Agency	Agency	Devel. Phase	Sending Aid	Receiving Aid
Coordinator	Organization that coordinates program	X	X	X
International Agencies	ICAO	X	X	
	Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA)	X	X	
	Regional safety oversight organizations	X	X	
National Agencies	Aviation regulatory and safety agencies	X	X	X
	Air traffic control agencies	X	X	X
	Transportation security agencies	X	X	X
	National law enforcement agencies	X	X	X
	Immigration and border control agencies	X	X	X
	Customs agencies	X	X	X
	National emergency management agencies	X		
	Military/defense departments	X	X	X
Local Agencies	Fire	X	X	X
	Law enforcement	X	X	X
	Emergency management	X	X	X
	Health departments	X	X	X
Airports	Senior management	X	X	X
	Operations	X	X	X
	Maintenance	X	X	X
	ARFF	X	X	X
	Emergency management	X	X	X
	Airport police	X	X	X
	Corporate level management	X	X	X

Smith – Airport-to-Airport Mutual Aid

Table 2. Stakeholders for International Airport-to-Airport Mutual Aid				
Type of Agency	Agency	Devel. Phase	Sending Aid	Receiving Aid
	Tenants	X		
	Concessionaires	X		
Associations	International Air Transport Association (IATA)	X		
	Airports Council International (ACI) World	X		
	ACI-NA	X		
	ACI-LAC	X		
	Latin American and Caribbean Air Transport Association (ALTA)	X		
	Unions	X	X	X
NGOs	Non-governmental humanitarian organizations	X		X
Airlines	Passenger airlines	X	X	X
	Cargo carriers	X	X	X
Customers	Passengers	X		X
	Shippers	X		X
	Disaster victims	X		X
	Disaster evacuees	X		X
Other	Insurers	X		

A steering committee should be formed from the group of stakeholders to guide the development of the program, including drafting a charter with a clear statement of mission, purpose, scope, and objectives. Once the broader range of stakeholders has reviewed and approved the charter, the steering committee, with possible additional stakeholder representatives, should develop the standard operating procedures (SOP) document or manual.

COORDINATION

Of the stakeholders listed in Table 2, the least defined role is that of coordinator. Several options are possible:

- Option 1. An international agency such as ICAO. Enlisting the Regional Aviation Safety Group (RASG) or the Regional Aviation Safety Team (RAST) from the appropriate regional office would work well.
- Option 2. One of the associations such as ACI, IATA, or ALTA. This is the pattern used by Colorado Aviation Recovery Support Team (CARST), a within-state mutual aid program that helps airports and communities recover from crashes.
- Option 3. A national agency from one of the member countries, perhaps on a rotating basis.
- Option 4. An airport or several airports, either rotating or permanent. This is the pattern used by SEADOG and WESTDOG.
- Option 5. A nongovernmental organization (NGO) such as the Port Resiliency Program (PRP), as suggested during the pilot project at Las Americas International Airport in Santo Domingo. The NGO could provide coordination under

Smith – Airport-to-Airport Mutual Aid

- grants or as a contractor to another agency, association, or group of airports [6].
- Option 6. A contractor, under contract to another agency, association, or group of airports.
 - Option 7. Some other arrangement determined by the initial steering committee.

The first four options are generally viewed as “free,” but their costs are actually absorbed by the coordinating entity. Options 5 and 6 would require the transfer of funds, necessitating a funding mechanism such as dues and/or contributions.

NEED

For airports in regions prone to hurricanes, earthquakes, and volcanoes, their existing hazard analyses establish and delineate the need for airport-to-airport mutual aid. Other airports can consult with their regional and/or national emergency managers, as an existing regional or national hazard analysis may serve the same purpose.

If a disaster directly strikes and damages an airport, outside airports can help restore and reopen the airport, as they have similar equipment and specialized personnel available to respond quickly to facilitate timely resumption of normal operations. For example, following Hurricane Katrina, Minneapolis-St. Paul International Airport assisted Gulfport-Biloxi International Airport through SEADOG.

Of course, often a disaster can strike a region without damaging the airport, resulting in extreme operational demands on the airport with incoming aid flights, outgoing evacuation flights, search and rescue operations, and economic and social recovery. For example, operations at the airport



Figure 2. Port-au-Prince International Airport about one week after 2010 earthquake
(U.S. Navy photo by Petty Officer 2nd Class Justin Stumberg)

at Port-au-Prince, Haiti escalated from fewer than 40 per day to more than 700 per day within a week after the 2010 earthquake [2]. Figure 2 shows Haiti's Toussaint Louverture International Airport at the height of relief activities. A regional disaster can also pull skilled airport employees away from airport duties to care for their families and personal property, reducing staffing levels just when they need to be at a maximum.

Pressure from competition with other airports and/or from airlines concerned with rates and charges drives airports to minimize staff and equipment redundancy; when operational needs increase due to a disaster, outside airport experts can bridge the gap created by lean organizational structures created for normal operations.

BENEFITS

Smith – Airport-to-Airport Mutual Aid

A cross-border airport-to-airport mutual aid program in the LAC region would yield the following benefits for all the stakeholders in preparing for and responding to disasters:

- assisting communities in accelerating humanitarian relief and economic recovery after a regional disaster;
- helping the stricken airport adjust to the heightened operational tempo of disaster response and recovery;
- allowing flexibility for local airport employees to tend to their families and avoid burn-out from prolonged high-tempo operations;
- allowing the airport receiving aid to reopen as soon as possible, reducing revenue losses; and
- facilitating rapid resumption of normal commercial service, thus minimizing network disruptions, potential tax write-offs, and bad publicity.

Airports both receiving and providing aid benefit from mutual aid programs, as all participants experience hands-on real-world training in disaster recovery, and the overall sense of readiness is enhanced for all stakeholders.

Moreover, volunteers for both SEADOG and WESTDOG activations report feeling good about being able to “give back” to their industry. Many participants in past airport-to-airport mutual aid mobilizations note that their efforts resulted in public pride that their airport helped friends and neighbors in need. Public pride engenders public support for the airport, which can be helpful when addressing community issues.

OBSTACLES AND SOLUTIONS

The cost of managing and operating a cross-border airport-to-airport mutual aid program in the LAC is relatively small, especially when compared with potential economic losses for airports and the regions they serve when an airport is out of service or poorly functioning. The costs for coordination and communication for a mutual aid program in the LAC are estimated to be US \$300,000-500,000 per year. Methods for paying these costs lie outside the scope of this paper as they cannot be realistically addressed until there is a concrete programmatic proposal that stakeholders can evaluate.

Travel costs can be minimized with the cooperation of airline and agency members. Liability and employee insurance issues need to be resolved during the development of the program via cooperation among airports, national agencies, unions, and insurance companies.

Reimbursement of costs accruing to aid teams should be resolved by drawing up agreements during the development of the program. There is no “one size fits all” solution. One possible solution is that sending airports cover their own costs without reimbursement, viewing the aid given as a type of good will insurance for their own future needs. Another solution would be to establish a fund built through voluntary contributions.

Qualifications of incoming aid personnel should be documented. The precise matching requirement (Table 1) and the procedural standardization created by ICAO Annex 14 and ICAO Publication 9137 greatly simplifies qualification issues.

Membership or a letter prior to the arrival of an aid team is necessary to establish specific authorization to act [1]. ACRP Report 73 provides a sample authorization letter [2].

Security, access, and badging issues are often raised as major obstacles, but in actual SEADOG and WESTDOG activations, they have not presented problems. It is recommended that standard procedures for security, access, and badging, as well as rules about escorts, be written into the SOP document.

Differences in language and culture are also raised as barriers to successful cross-border mutual aid, but airlines and air cargo companies long ago solved these issues and operate

Smith – Airport-to-Airport Mutual Aid

efficiently across border: every day, airlines and air cargo companies demonstrate the feasibility of cross-border activities. Legalities including immigration, work visas, and customs (duties, inspections, impounds, and delays) have been a major problem for NGOs working across borders. Both of these issues can be addressed by seeking airline and national agency participation in the program.

During the SEADOG assistance to New Orleans and Gulfport-Biloxi, the physical security of aid teams being deployed was a very real issue [2]. Given the social disruptions inherent in regional disasters, this problem could also arise in a cross-border program. Involving local and national law enforcement agencies as stakeholders would help teams address these issues proactively.

FLIGHT PLAN FOR DEVELOPING A MUTUAL AID PROGRAM FOR THE LAC REGION

Table 3 provides a detailed flight plan and estimated timeline for the development and activation of a cross-border airport-to-airport mutual aid program to serve the LAC region.

Table 3. Flight Plan to Develop Cross-border Airport-to-Airport Mutual Aid Program		
Estimated Duration	Action	Target Audience or Projected Participants
3 months	Brief key stakeholders working through international agencies and associations.	ICAO, FAA, RSOOs, ACI, IATA, ALTA, AAAE, and through them, their airport, airport, airline, and agency members.
1 month	Establish steering committee by following ICAO-NAC CCAR/DCA/13.	ICAO, RSOOs, ACI, IATA, ALTA, AAAE nominate members and issue invitations.
2 months	Convene steering committee.	One of the key stakeholders
3 months	Draft charter.	Steering committee
2 months	Review charter and revise as necessary.	All stakeholders
1 month	Identify coordinator for program.	Steering committee
3 months	Draft SOP document.	Steering committee working with contractor and/or volunteers
2 months	Review SOP document and revise as necessary.	All stakeholders
1 month	Distribute charter and SOP document to potential program members.	Coordinator at direction of steering committee
2 months	Hold organizational meeting(s).	Airports, airlines, agencies, aviation-related corporations, and NGOs
3 months	Provide training to airports.	Coordinator and volunteers
	Exercise coordination, communication, logistics, and other procedures.	Coordinator, steering committee, program members, and volunteers
1 month	Activate program.	Program members
24 months	Total estimated duration from start to activation	

ACRP Report 73 provides a detailed flight plan for establishing a new airport-to-airport mutual aid program in the U.S. [2]. That flight plan and the experiences of SEADOG and WESTDOG were combined to develop the flight plan and timeline for a cross-border airport-to-airport mutual aid program shown in Table 3.

Smith – Airport-to-Airport Mutual Aid

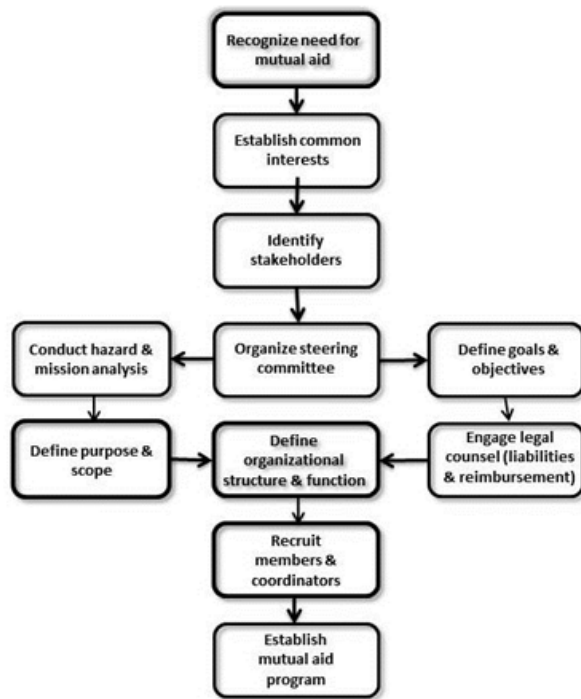


Figure 3. Flowchart to develop mutual aid program (adapted from ACRP Report 73)

emergency management or military agencies will most likely play a greater role, and international agencies and associations may play a slightly smaller role. There is no reason that cross-border and within-country programs cannot be developed side by side, and a tandem effort would be more cost- and time-efficient. Most documents and solutions presented herein can serve both efforts.

CONCLUSION

Exploring cross boundary airport-to-airport mutual aid programs is well worth the effort. In the face of a disaster, airport-to-airport mutual aid for response and recovery can enhance social resiliency and support business continuity to benefit the airport, its region, and even its nation.

Potential problems inherent in long-distance travel, immigration, work visas, and customs inspections can be addressed by involving pertinent national agencies as members or backers of a mutual aid program.

The possible long-term benefits of cross-border airport-to-airport mutual aid programs are wide-ranging. As all airports face resource limitations, sharing resources and capabilities in a preplanned manner can maximize positive outcomes and minimize negative outcomes in a response to a natural disaster.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author thanks Mr. Randy Moseng of the FAA, Mr. Fred McCosby of Savannah-Hilton Head International Airport, Mr. Todd Haines of Dallas-Ft. Worth International Airport, Dr. Teo Babun of AmericasRelief Team, Sr. Juan Manuel Manriquez Viñas of ACI World, and Mr. John Sawyer of JMS Airfield Safety for their help and advice.

REFERENCES

- [1] Smith, J. F., Kenville, K. A., "Model Mutual Aid Agreements for Airports", Airport Cooperative Research Program Synthesis Report 45, Transportation Research Board, Washington, DC, USA, 2013.

The main difference between U.S. efforts and developing a successful cross-border airport-to-airport mutual aid program will be the purposeful expansion of involvement beyond just airports to include airlines, national aviation, and other agencies including emergency management and law enforcement, international agencies, aviation trade associations, and perhaps major nongovernmental humanitarian organizations. Figure 3 shows a flowchart for the process to develop the program.

Exactly the same concept proposed for the development and implementation of a cross-border airport-to-airport mutual aid program can be applied to airport-to-airport mutual aid programs within individual countries. The main differences are that the list of stakeholders will be shorter, national

Smith – Airport-to-Airport Mutual Aid

- [2] IEM Inc., Smith-Woolwine Associates & TransSolutions [Smith, J. F., principal investigator], “Airport-to-Airport Mutual Aid Program Guidebook” , Airport Cooperative Research Program Report 73, Transportation Research Board, Washington, DC, USA, 2012.
- [3] Western Airports Disaster Operations Group (WESTDOG), “WESTDOG Mutual Aid Plan: Airports Helping Airports”, WESTDOG, Portland, OR, USA, 2007.
- [4] Western Airports Disaster Operations Group (WESTDOG), “WESTDOG” [website], <https://faithgroup.sharepointsite.com/WESTDOG>, 2011-2013.
- [5] Moseng, R. “Airport-To-Airport Mutual Aid Programs – Disaster Operations Group Concept”, Agenda Item 8.3, Thirteenth Meeting of Directors of Civil Aviation of the Central Caribbean (C/CAR/DCA/13), Havana, Cuba, 28-31 May 2013.
- [6] Babun, T., Smith, J. F., “Port Resiliency Program (PRéP): Final Report of Pilot Project at Las Americas International Airport, Santo Domingo, Dominican Republic, 5-7 February 2013”, AmericasRelief Team, Miami, FL, USA, 2013. Available at <http://www.americasrelief.org/prep>
- [7] International Civil Aviation Organization (ICAO), “Aerodrome Design and Operations”. ICAO Annex 14, Volume I, sixth edition, ICAO, Montreal, Canada, 2013.
- [8] International Civil Aviation Organization (ICAO), “Airport Services Manual. Part 7. Airport Emergency Planning”, ICAO Document 9137, second edition, ICAO, Montreal, Canada, 1991.

LA TERMINAL DE PASAJEROS COMO ESPACIO DE LA SOBREMERNIDAD

Pablo E.M. Szelagowski^a, Nicolas Vitale^a, Julia Lescano^a

^a G.T.A. Grupo Transporte Aéreo- U.I.D. “G.T.A.-G.I.A.I.”, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina
Calle 116 e/ 47 y 48; (1900) La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina
Email: pablo.em.szelagowski@gmail.com

RESUMEN

El mundo contemporáneo se nos presenta mediante cambios y transformaciones vertiginosas, incorporando en la vida del hombre espacios, artefactos, sistemas de información y comunicación que trastocan su espacio vital, su espacio antropológico, más allá de las modificaciones que la modernidad aportó durante los procesos del siglo XX. Esta sobremodernidad incorpora una serie de espacios existenciales diferentes a los espacios antropológicos tradicionales reconocidos por el hombre.

Los espacios en los que nos movemos hoy contienen artefactos automáticos con los que establecemos relaciones mediante contraseñas y negociaciones algorítmicas.

Estos espacios sobremodernos se despliegan sobre todo en relación a los espacios para la movilidad, en especial en las terminales de pasajeros aeroportuarias.

Una terminal de pasajeros es en sí un claro ejemplo de No-Lugar.

El diseño de terminales se debatirá entre situaciones de identidad y entre una idea de condición global y una local.

ABSTRACT

The contemporary world had fast changes that incorporate to human life spaces, artifacts, information and communication systems that change their living space, their anthropological space, beyond the changes that modernity provided during the twentieth century.

This supra-modernity incorporates a number of different existential spaces over the traditional anthropological spaces.

The spaces in which we move contain automatic devices with which we establish relationships with passwords and algorithmic negotiations.

These spaces are unfolded in first time in relation to the mobility spaces, especially airport passenger terminals. One passenger terminal is itself a great example of Non-Place. The terminal design solutions are discussed among their global and local condition.

Palabras clave: terminal-sobremodernidad-local-global

INTRODUCCIÓN

El diseño de terminales de pasajeros en aeropuertos contemporáneos presenta una gran complejidad en cuanto a necesidades funcionales, requerimientos técnicos, equipos y la capacidad de adaptarse a los cambios y actualizaciones que el desarrollo aeronáutico demanda.

En los manuales de diseño de terminales generalmente se ahonda sobre todo en las consideraciones técnicas del diseño (diseño ingenieril) entendiendo a estas como las definitorias del correcto funcionamiento del edificio terminal como máquina de procesamiento de pasajeros y equipajes.

A pesar de la fortaleza de este enfoque aplicado ampliamente, las terminales aeroportuarias no dejan de ser obras de arquitectura vivenciadas por usuarios que dedican varias horas de su vida a permanecer en el interior de estos edificios. Como obra de arquitectura, la terminal no sólo cuenta con las condiciones esenciales de la necesidad técnica (estructura resistente, funcionamiento, articulación de sistemas, infraestructuras, etc.) generalmente reguladas por manuales, sistemas de cálculo o normativas específicas, sino también contiene otros aspectos relacionados con el diseño que están dedicados a la experiencia y la situación humana dentro del campo del edificio.

Una de las condiciones esenciales de la vivencia humana en una obra de arquitectura es la experiencia espacial, la cual define con toda su fuerza el estado de ánimo de quien participa de ese espacio incidiendo directamente en su comportamiento. Las cuestiones espaciales están en estrecha relación con la percepción, y dependen de aspectos tales como las dimensiones, la escala, la luz, las sombras, las texturas, las superficies, los brillos, los reflejos, el confort climático, entre otros elementos. Estos condicionantes de la experiencia espacial definen el carácter del espacio arquitectónico y por ende la situación del sujeto frente a esa obra de arquitectura. La arquitectura, en efecto, se revela como un hecho cultural, parte de la vida del hombre en sociedad, en un continuo devenir de una disciplina que no puede olvidar al sujeto que la habita.

La experiencia espacial en terminales de pasajeros es un asunto de importancia relevante en cuanto a la dimensión del problema tratado y al vertiginoso desarrollo del sistema mismo. Esto se torna visible cuando tomamos evidencia de que un aeropuerto, en líneas generales, puede recibir anualmente entre 20 y 50 millones de pasajeros (cifra aún posible de ser elevada en algunos casos), y que esos pasajeros como sus acompañantes, (y también los empleados del aeropuerto y demás usuarios) pueden llegar a pasar más de 8 horas dentro del edificio en situación de espera, si tener tarea específica que realizar, solo poder esperar la salida de su vuelo, o la llegada del que se espera.

Esta condición de estadía, tan presente en los edificios de terminales de pasajeros hace necesario pensar, en términos de diseño, más en el hombre, más allá de su relación contractual con las máquinas.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los espacios de la sobre modernidad

Más allá de las consideraciones habituales para el diseño de terminales, es necesario comprender que este tipo de espacios arquitectónicos forma parte de una red de situaciones y vivencias que el hombre contemporáneo (o sobremoderno) experimenta y que se extienden cada vez más en tiempo en su vida. Las grandes y aceleradas transformaciones que se observan en los sistemas mediáticos, en tecnología y en las técnicas en general, alientan a adoptar otros modos de vivir los espacios del mundo urbanizado en modos que se alejan de las situaciones tradicionales, culturalmente asumidas y aceptadas, generando otros patrones de comportamiento del hombre.

Paulatinamente, el hombre común se ha ido poniendo en contacto con situaciones no conocidas, con nuevas instalaciones que generalmente están ligadas a la necesidad de una circulación veloz de personas y bienes. Estas instalaciones generalmente están asociadas a espacios no convencionales que cada vez más nos involucran en su realización. Estos espacios han sido denominados por el antropólogo francés Marc Augé los No- Lugares. El no lugar es presentado por Augé como lo contrario del domicilio, de la residencia, del “lugar” [1].

La sobremodernidad es una gran y eficaz productora de No-Lugares, espacios que no son en sí antropológicos y que son muy diferentes de los lugares tradicionales, históricos (lugares de la memoria) que han descrito tan precisamente autores como Baudelaire, Benjamin, Péc, Borges, Arlt y Cortázar entre otros.

Si un lugar se define como un espacio que posee identidad relacional e histórica, el No-Lugar (en el sentido de Augé) será un espacio que no tenga ese sentido de identidad, ni sentido histórico, ni proponga al hombre una situación relacional. Estaría en lo que los situacionistas definirían como el plano de la “periferia del lenguaje”.

En estos espacios, el hombre conquista el anonimato. Solo, pero semejante a los demás (también solos y anónimos), el usuario del No-Lugar mantiene con éste una relación estrictamente contractual, simbolizada por contraseñas, por tickets de peajes, pasaportes, tarjetas de crédito, tarjetas de embarque u otro de los nuevos elementos que reemplazan la anterior condición de identidad.



Figura 1. Artefactos y espacios de la sobremodernidad.

Augé define al No-Lugar como un mundo prometido a la individualidad solitaria, un mundo provisional y efímero, un mundo del pasaje que no integra lo anterior, lo antiguo. Mundo del supermercado, del dispenser, del cajero automático, de lo que él llama el “oficio mudo”, sin contacto con personas, sin palabras de por medio, solo contraseñas. Estos espacios sobremodernos no borran totalmente al “lugar”, y tampoco el No-Lugar se cumple totalmente. Los No- Lugares conforman un sistema encadenado de espacios perfectamente controlados y vigilados de los que ya es imposible permanecer ajeno; una red ajustada de transporte y movimiento que conforman espacio e un sentido diferente al tradicional.

Los No-Lugares son las vías aéreas, las vías ferroviarias, las autopistas, los habitáculos móviles (medios de transporte vehicular), aeropuertos, estaciones, grandes hoteles, parques temáticos, supermercados, y hasta madejas de cables de comunicaciones que atraviesan toda la ciudad.



Figura 2. Transformaciones del espacio urbano en la sobremodernidad.

Quizás justamente es por estas cuestiones que Augé comienza el prólogo de su libro con una descripción precisa del recorrido de una persona que comenzando en un cajero automático, pasa a una autopista, para llegar al aeropuerto de Roissy (CDG), realizar todas las actividades requeridas por el sistema y las que lo pueden devolver al “lugar”, para terminar el relato en el interior de la cabina del avión y despegar. Los espacios del sistema aeroportuario y en especial la terminal de pasajeros son hoy quizás los ejemplos más claros del No-Lugar descrito por Augé.

Los No lugares, no solo desarraigan al hombre de los espacios “conocidos” sino que también lo obligan a nuevos comportamientos que van más allá de los protocolos necesarios para interactuar con máquinas y contraseñas, en nuevas actitudes y estados de ánimo producidos por esa desterritorialización operada en su ser.



Figura 3. El usuario de terminales de pasajeros, la espera y los No-Lugares

Un pasajero que viaja solo, en espera en una terminal aeroportuaria, intenta de todas las maneras posibles distraerse de su situación de desarraigo. Busca situaciones que le sean familiares o conocidas de manera de emplear el tiempo en alguna situación que le recuerde a otra pasada ya vivida: ir a un kiosco, sentarse en una cafetería, ir al baño, etc., son actitudes reflejo automáticas de quien está en una situación incómoda. Por otro lado, este extraño estado de situación le provoca ansiedad al pasajero; provoca la urgencia de completar pasos, de pasar etapas, lo que hace que intente apresurarse para pasar los controles de seguridad o de documentación, o que haga fila en la puerta de embarque aunque todavía el personal de la aerolínea no haya llamado a embarcar u otras situaciones de intento de superar etapas. Del mismo modo el mismo sujeto presenta la ansiedad de subir al avión, de conseguir un diario para leer, de ubicarse en el 23H, de ubicar su equipaje de mano en las gavetas, todo antes que los demás.

Por el contrario, los niños experimentan el espacio en diferencia con sus padres. Ellos necesitan de un espacio vital diferente, de sus juegos, de sus juguetes y tienen la capacidad de

abstraerse fácilmente de esa situación que a medida de que crecen los irá desarraigando de lo cotidiano y de lo conocido.

Esta situación denota una lucha que se libra entre el concepto de Lugar y el criterio de Espacio; una disputa entre el espacio existencial y el espacio geométrico en los que se desenvuelve el hombre contemporáneo.

La crítica a este tipo de situaciones a que el hombre es sometido no es nueva y no sólo la literatura y las ciencias han producido trabajos de análisis al respecto. El cine, como otras artes que ejercen potentemente la crítica cultural, se ha encargado innumerables veces de anunciar o denunciar los nuevos acontecimientos en la vida del hombre de la modernidad y más aún de la sobremodernidad.

El director francés Jacques Tati en su película *Playtime* de 1967 anuncia la falta de identidad de los espacios públicos de la modernidad, mediante una serie de planos que recorren un mismo edificio que a partir del simple sonido o del pasaje de algunas personas y objetos cambia de entenderse como un hospital a verse como un aeropuerto o una oficina, en un relato de constantes situaciones en estado de fusión.

Stanley Kubrik en su *2001 Odisea del Espacio* de 1968 muestra a un astronauta situado en un No-Lugar al cuadrado. Un astronauta se desplaza dentro de la memoria del computador HAL 9000 (No-Lugar nº 2) ubicado dentro de la nave espacial Discovery (No-Lugar nº 2) en rumbo al planeta Júpiter.

Por su parte, el director Mick Jackson realiza en 1991 la película *L.A. Story*, una crítica satírica a la forma de vida de las ciudades norteamericanas, en la que el protagonista se encuentra hablando y analizándose con un cartel indicador de una autopista, mediante un lenguaje que hoy ya es corriente en los SMS, señalando así la alienación del sujeto habitante de un Los Ángeles contemporáneo.

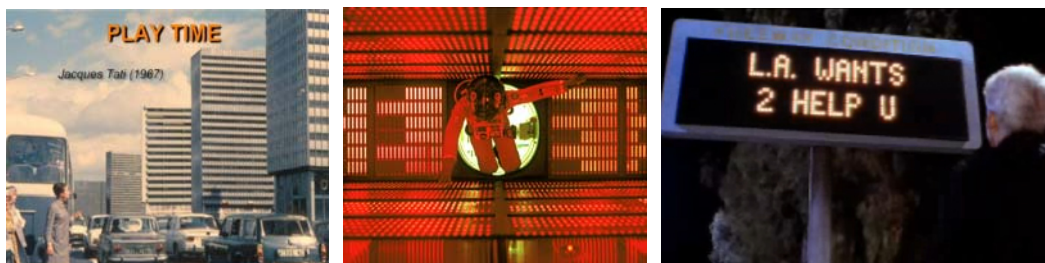


Figura 4. Los No-Lugares en el cine: *Playtime*, *2001 Odisea del espacio*, *L.A. Story*.

La controversia al No Lugar

No solo los pasajeros viven las experiencias del anonimato en las terminales de pasajeros. Nuestros equipajes sufren la misma condición de pérdida de la identidad, a veces más agravada por el embalaje plástico verde de los “promotores” de la seguridad de las maletas que acechan en los accesos, pero que de todos modos el ingenio popular combate con cintas de color, o miles de cintas de colores, grandes etiquetas, o colores indiscretos del bulto despachado. Es por eso que el fenómeno del equipaje de mano (algo mío quiero que viaje conmigo!) se popularizó con el uso de pequeñas maletas, práctica que actualmente está siendo

combatida por las aerolíneas reduciendo el máximo peso permitido a casi el peso propio del equipaje vacío.

Actualmente, los administradores y diseñadores de terminales de pasajeros han entendido el problema y buscan crear dispositivos espaciales y arquitectónicos para combatir esa sensación de desarraigo, de soledad en la multitud, de pérdida o mejor dicho de suspensión de la identidad.

Es así que pueden encontrarse diferentes acciones como intentos de transformar el espacio anónimo de las terminales en un “Lugar”.

Una tendencia general es la de intentar personalizar los espacio de manera que cada pasajero elija el espacio o “rincón” de su agrado para el esperar. Cielorrasos bajos, iluminaciones particulares, alfombras, muebles no seriados y espacios de medianas dimensiones que no estén en referencia al diseño macro de la terminal, intentan situar al pasajero en una condición simulada de “como en casa”.



Figura 5. Espacios que intentan combatir el No-Lugar: Terminal de pasajeros, aeropuerto de Munich.

Otra forma de combatir el No-Lugar, quizás más desarrollada en los EE.UU. es la que al espacio de la neutralidad se le sobreponen actividades o eventos que distraigan al pasajero. Este tipo de actividades están relacionadas con el shopping, las convenciones, la hotelería, los SPA, los espacios del juego (casinos) e incluso parques temáticos. El evento distrae y entretiene al pasajero mientras espera un vuelo y también al acompañante que permanece luego de la despedida.

La búsqueda de la identidad

Los pasajeros que experimentan los espacios sobremodernos intentan de todos modos de sobreponerse a esa situación de pérdida de identidad y relacional impuesta.

En un contexto de desaparición de las condiciones habituales de identidad, una persona intenta construir un personaje para hacerse notar, o ponerse una máscara para ser visto diferente de su vecino, intentos artificiales para dejar de ser el Nowhere Man situado en un mar de agujeros en la nada, espacio neutro sin referencias.



Figura 6. Identidad y No- Lugar: David Hockney, Racke's people; The Beatles, Yellow Submarine.

En una terminal de pasajeros es posible de perder una identidad que no se recupera simplemente con mostrar una ID o una tarjeta de embarque. Se pierde también la noción de en qué lugar se está, si se está en Frankfurt o en Londres, porque posiblemente el diseño del espacio tampoco refiera a una identidad local, al lugar, región o país en que está situado el aeropuerto, en virtud que un pretendido diseño universal nos habla más de una arquitectura aeroportuaria en sí misma, que de París, Buenos Aires o Lima.

Sin embargo, si recorremos los primeros momentos de los aeropuertos de Argentina, construidos desde finales de los años '40 hasta los años '60, podemos ver que en el diseño de las terminales existía una preocupación de hacer una arquitectura con rasgos relacionados con las tradiciones constructivas o con aspectos vinculados al imaginario colectivo de una arquitectura y de un ambiente local.

Las terminales de los Aeropuertos de Bariloche, Mar del Plata o Comodoro Rivadavia, entre otros, fueron partícipes de ese criterio arquitectónico que se plasmó en tipos edilicios, elementos representativos, técnicas constructivas y materiales de arraigo en el imaginario colectivo.



Figura 7. terminales de pasajeros de Mar del Plata y Comodoro Rivadavia hacia los años '60.

Luego de los años 70, y apoyado en el fuerte desarrollo tecnológico de la arquitectura de esos años, el diseño de terminales estuvo ligado principalmente a un lenguaje internacional, universalista que hablara más de los despliegues tecnológicos posibles y del progreso moderno, que de las condiciones típicas del lugar de su emplazamiento o de las condiciones esperadas por los usuarios. Desde ese momento el diseño de terminales participó de los mismos criterios que fueron desarrollados para otros programas arquitectónicos que defendían una imagen internacional, corporativa, neutra o universal visible en edificios de oficinas, bancos, shopping centers y todo tipo de equipamientos urbanos.

Estar en un lugar sin saber dónde estamos y en igualdad de situación que un espacio situado a 15.000 km de distancia se hizo algo natural para el hombre, mientras un cierto equilibrio en la composición de ese tipo de espacio fuera posible. La expansión globalizadora de los años 90

llevó al máximo esos conceptos universalistas, generando la masividad del reinado del No-Lugar.

Algunas experiencias intentaron atenuar los efectos de un diseño universal, de manera que el edificio hablara de condiciones locales, quizás ya con un lenguaje menos tradicional, mediante efectos que incluso han sido aplicados en secciones parciales de las terminales. Muchas de las obras realizadas en los países de oriente medio y del lejano oriente intentaron representar, significar, condiciones de la cultura local en los espacios de uso principales. Es posible entonces encontrar soluciones alternativas al problema de la identidad del edificio.

En los países de origen árabe se recurrió a la expresión de las geometrías típicas de la arquitectura islámica, a los tipos de espacios de reunión, a las alfombras y a otros elementos propios de la cultura local como se puede ver en la terminal de pasajeros de Marruecos.



Figura 8. Terminal de pasajeros del aeropuerto de Marruecos.

Otros temas como la condición del nomadismo y sus costumbres también fueron atendidas en el diseño de los espacios para la concentración, como en el aeropuerto de Jeddah en el que el estudio de arquitectura SOM propone la imagen de tienda para la cubierta general del aeropuerto, a la vez que plantean un espacio flexible, de ocupación libre, a la manera de los asentamientos en las caravanas. Incluso si se observa con detenimiento, el esquema de la planta pública recuerda la trama geométrica compleja típica de un diseño de alfombras.

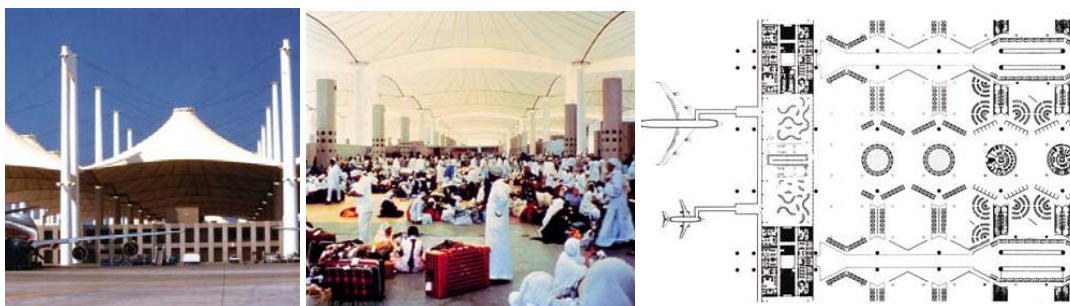


Figura 9. Terminal del aeropuerto de Jeddah. Estudio SOM, en los años '80.

Por otro camino, las terminales de pasajeros internacionales salen a buscar una posible identidad requerida para posicionar el aeropuerto como marca en el territorio real y en el competitivo territorio de los negocios. De este modo el edificio terminal puede pasar a ser un gran señalador que nos habla de la necesidad de quedar impregnado en la memoria del usuario como hecho singular.

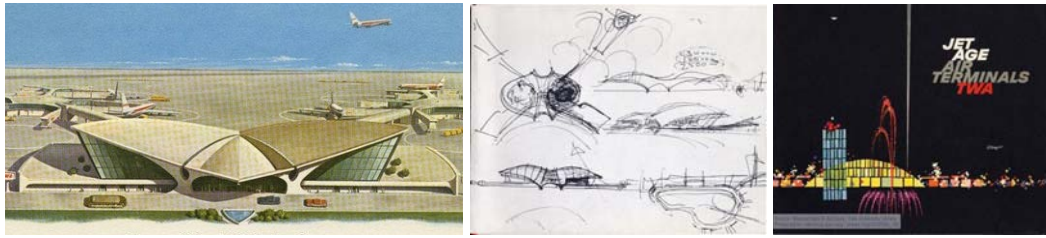


Figura 10. Terminal de la TWA de Eero Saarinen en el aeropuerto JFK de Nueva York. Imagen corporativa.

Uno de estos casos es la conocida terminal realizada por el arquitecto Eero Saarinen para la aerolínea estadounidense TWA en el aeropuerto JFK de Nueva York. El particular diseño metafórico de la terminal de la TWA se transformó rápidamente en el sello corporativo de la empresa, además de representar una idea de futuro, evocando más allá del vuelo, el espíritu de una época signada por cambios en la masividad del transporte y por nuevas condiciones tecnológicas de las aeronaves, en la por aquellos tiempos denominada *Era del Jet*.

CONCLUSIONES

Las terminales de pasajeros se han ido transformando en uno más de los innumerables espacios no relacionales que experimentamos cotidianamente. El desarrollo de la industria aeronáutica y del transporte aéreo en general ha obligado a la expansión y extensión de terminales en función de la cantidad de pasajeros en arribos, en partidas y en tránsito que es necesario procesar diariamente en las infraestructuras aeroportuarias de las congestionadas ciudades del planeta.

En virtud de que el diseño de terminales ha estado centrado en aspectos provenientes de los avances técnicos de la arquitectura y la ingeniería, se ha puesto la mayor atención en las cuestiones referidas al sistema de estructura resistente, a los sistemas de mecanización, de control climático, de seguridad y de prevención de accidentes, descuidando en gran parte las cuestiones ligadas a las condiciones psicológicas y de percepción del espacio que los usuarios de esas grandes instalaciones experimentan. Esta actitud, típicamente modernizadora, ha apartado de las agendas de proyecto los componentes relacionados con el diseño del ambiente, entendido éste como un espacio en el que el hombre debe estar en armonía y en equilibrio con el lugar en que desarrolla sus actividades, espera, circula o trabaja.

El proyecto de terminales debería tratarse como cualquier obra de arquitectura, en el que intervienen condiciones tanto técnicas como antropológicas, entendiendo este tipo de espacios no sólo como parte de un sistema de procesamiento mecánico, sino también como integrante de una red de espacios públicos metropolitanos.

REFERENCIAS

- [1] Augé, M., “ Non-lieux, introduction à une anthropologie de la surmodernité ”, Edition de Seuil, París, Francia, 1992.

LA CIUDAD EN EL AEROPUERTO, EL AEROPUERTO EN LA CIUDAD

Pablo E.M. Szelagowski^a, Nicolás Vitale^a, Sergio Pitrelli^a, Pablo Di Gregorio^a

^a G.T.A. Grupo Transporte Aéreo- U.I.D. “G.T.A.-G.I.A.I.”, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina
Calle 116 e/ 47 y 48; (1900) La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina
Email: pablo.em.szelagowski@gmail.com

RESUMEN

La instalación de una infraestructura aeroportuaria es siempre beneficiosa para el desarrollo social y económico de una región, pero su localización puede generar importantes impactos en el contexto, los que generalmente son evaluados desde el entorno hacia la propia infraestructura. Sin embargo, existe otro aspecto no menos importante y es el impacto de las modificaciones en el entorno de un aeropuerto que inciden compulsiva y severamente en la operatividad de las actividades aeronáuticas.

Generalmente, las evaluaciones sobre la implantación o crecimiento de un aeropuerto, en términos de su impacto urbano ambiental, se realizan por separado desde la óptica urbana o desde la óptica aeroportuaria exclusivamente.

Es necesario entonces comprender que la instalación o el desarrollo de un aeropuerto debe ser considerada desde las condicionantes críticas originadas, mediante un punto de vista externo y desde las relacionadas con las propias lógicas internas de la actividad del aeropuerto, mediante una metodología inclusiva, completa, entendiendo el caso como un fenómeno territorial y urbano integral. Esta visión necesita además de una mirada transdisciplinaria, es decir, de la participación de todos los actores que hoy están envueltos en el desarrollo urbano en general.

Implantar hoy una infraestructura aeroportuaria implica que, a partir de ese acto, un medio semi-rural o de periferia urbana se transforme en urbano en forma acelerada y dinámica, incluyendo en sí mismo todos los conflictos de intereses inherentes a la problemática urbana.

El aeropuerto debe poder tener control sobre el desarrollo urbano de su entorno, al mismo tiempo que debe diseñarse con el objetivo de protegerlo y de minimizar los impactos negativos que pueda originar la actividad aérea.

En este sentido el criterio de ciudad aeropuerto, un emprendimiento urbano global puede contribuir a la mejora de la calidad de vida y de la operatividad aeronáutica.

La gestión conjunta del aeropuerto con actores estatales de todos los niveles relacionados con el desarrollo urbano, con los desarrolladores inmobiliarios, con los operadores de equipamientos comerciales, con los operadores del transporte público, permite un criterio de planificación eficiente que garantice el necesario rédito social del emprendimiento.

ABSTRACT

One airport infrastructure is always good for the social and economic development of one region, but its location can generate a hard impact on the context, which is evaluated from the environment to the infrastructure itself. However, there is another no less important aspect as the forces of changes in the environment of an airport that could severely affect the operation of aerial activities.

Assessments on the implementation or growth of an airport, in terms of its environmental urban impact, are made separately from the urban perspective or from the exclusively airport perspective.

It is necessary to understand that the airport development must be considered from the critical conditions through an external point of view, and from those related to their own internal logic airport activity, using an inclusive methodology, understanding this issue as an urban phenomenon. This vision needs a trans-disciplinary view, the participation of all actors that today are involved in the urban development.

The airport should have control on the urban development of its context, while should be designed with the aim to protect and minimize the negative impacts that may result from the air activity.

In this sense the approach of a city airport concept, a global urban entrepreneurship can contribute to improving the quality of life and aircraft operation.

Palabras clave: aeropuerto-ciudad-infraestructura-planificación

INTRODUCCIÓN

Uno de los temas más importantes de la actividad aérea en general y la aeroportuaria en particular es el criterio de planificación. Una actividad en constante desarrollo tecnológico y en acelerada expansión cuantitativa no puede estar librada a los efectos producidos por políticas territoriales ajenas a la actividad, y necesita de la planificación como único instrumento de control de desarrollo optimizado en el tiempo.

Siendo la aeroportuaria una actividad de gran incidencia en el plano territorial, debe articularse con otras cuestiones que están presentes en la gestión del territorio como la economía, los aspectos poblacionales, los recursos naturales, el medio ambiente y el desarrollo productivo.

Por otro lado, la planificación ingresa también en la actividad aérea y aeroportuaria desde el momento en que se las considera a éstas como parte de un sistema general de transportes locales, regionales o internacionales que involucra variados campos de acción como el transporte marítimo y fluvial, el terrestre vehicular y férreo, y la propia red aérea.

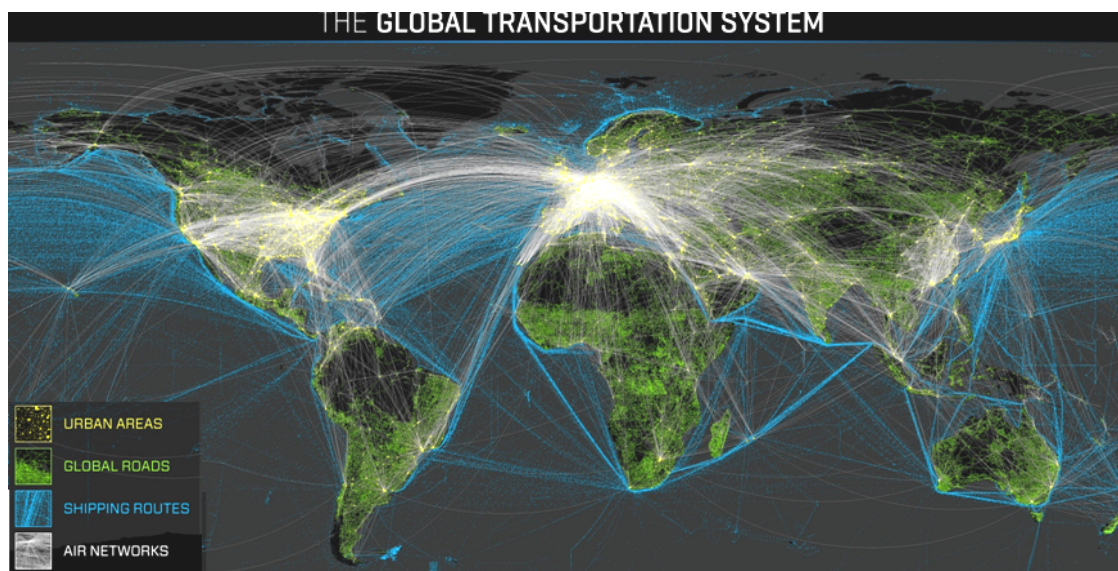


Figura 1. Sistema global de transportes terrestres, marítimos, aéreos y de conectividad digital.

El sistema de transporte, en todos sus rubros implica la necesidad de planificación de rutas y trayectos, y en especial de sus puntos fijos en el territorio. Es en este punto en que la planificación del transporte aéreo toma gran importancia puesto que el sistema de tierra está sometido a diversas y contradictorias lógicas de ocupación y desarrollo, lo que no sucede al menos por el momento en el espacio aéreo.

En este sentido, las instalaciones aeroportuarias están en estrecha relación con las lógicas constitutivas y de desarrollo del sistema natural ambiental, del sistema urbano y del sistema de transporte antes mencionado.

Una infraestructura planificada presenta para sí, ventajas en cuanto a posibilidades de evolución sin obstáculos, a un desarrollo optimizado en cada uno de los subsistemas componentes, a un crecimiento orgánico en el tiempo, a un aprovechamiento de la máxima capacidad operativa, un rendimiento racional y sostenible de los recursos en general, y el mantenimiento de su rol de actuación en el escenario de un sistema de transporte mayor. En cuanto a su condición territorial, las ventajas de la planificación permiten un desarrollo aeroportuario sin interferencias operacionales, en una mejor relación con las estructuras urbanas en expansión, posibilitando gestionar la protección de los recursos naturales y finalmente una mejor conservación del medio ambiente en general.

En este tipo de planificaciones intervienen diversos actores que como se ha señalado anteriormente involucran diversas áreas disciplinares del conocimiento y de la dinámica humana. Estos variados actores van desde organismos internacionales (reglamentadores y reguladores de la actividad), gobiernos y administraciones nacionales, regionales y locales (que desarrollan políticas y normativas para el transporte), empresas aéreas, concesionarios, desarrolladores urbanos, sindicatos, proveedores de servicios, usuarios y pasajeros, entre otros.

En este contexto, la planificación tiene como uno de sus principales objetivos la articulación de intereses, saberes y dinámicas en pos de establecer un proceso evolutivo armónico entre los diversos flujos actuantes.

Estos temas que en apariencia son naturales y obvios para la gestión de un sistema de transporte, en la realidad de nuestro medio no han sido durante mucho tiempo trabajados bajo estos criterios, de manera que muchos de los grandes aeropuertos de la región han sido ejemplos de desarrollos no planificados, lo que ha generado gran cantidad de problemas en la actualización de los sistemas en sí mismos y en su relación con las estructuras urbanas en las que se emplazan.



Figura 2. Falta de continuidad en la planificación: aeropuerto internacional de Ezeiza.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Aeropuertos en áreas urbanas

Las instalaciones aeroportuarias deben ser plenamente consideradas como parte fundamental en los planes urbanos territoriales que dirigen los destinos de un desarrollo regional en su conjunto.

En este desarrollo regional, los aeropuertos juegan un importante papel puesto que son instrumentos esenciales en la competitividad territorial a escala global; es decir, aporta una incidencia determinante en el posicionamiento estratégico de una ciudad en términos de comercio, intercambio y turismo a nivel regional e internacional.

Los aeropuertos también se presentan como promotores del desarrollo de una región pero pueden llegar a ser una gran amenaza para el medio ambiente. Son un gran proveedor de empleo y potencial instrumento de reactivación económica dada su gran capacidad de operación en áreas de logística y distribución. En este sentido se puede observar el cambio rotundo de rol de los aeropuertos en el tiempo, producto en parte del paso de la órbita de gestión militar, a la de la gestión del mundo de los negocios.

Esta nueva concepción de manejo de los aeropuertos ha incidido fuertemente en los criterios de financiamiento y de manejo, pasando de una gestión oficial financiada por los recursos propios del Estado, a un complejo diseño de financiamientos mixtos en los que el aspecto comercial adquiere gran importancia. Varios grandes aeropuertos del mundo ya no obtienen la mayoría de sus ingresos por medio de actividades relacionadas con la aviación, sino que equilibran la balanza de ingresos mediante lo obtenido por actividades no aéreas como los son las concesiones, los comercios, operaciones inmobiliarias, provisión de servicios, estacionamientos, etc.

En los términos del impacto físico de los aeropuertos en las estructuras urbanas, esta actividad ha cumplido un rol semejante a lo sucedido en la segunda mitad del siglo XIX a partir del

desarrollo de los ferrocarriles y de sus estaciones en el cuerpo de las antiguas ciudades a las que fueron transformando aceleradamente.

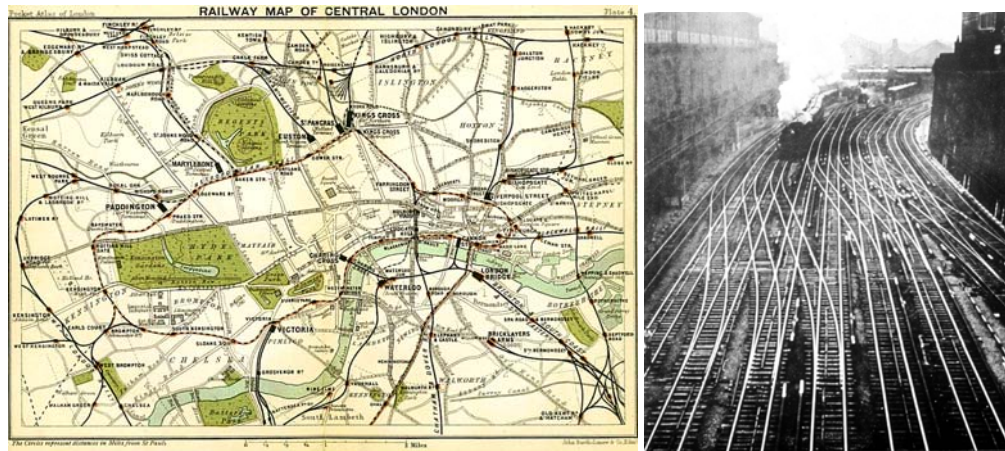


Figura 3. Las redes de Ferrocarril, fijando la estructura de las ciudades en el Siglo XIX.

Mientras que en su origen los aeropuertos han sido localizados en áreas no urbanas, rurales o periurbanas, las situación actual de este tipo de infraestructuras es netamente urbana, de manera que comprometen una gran cantidad de cuestiones que en sus inicios sólo se reducían a la posibilidad de conexión con la ciudad mediante una carretera o un sistema de transporte regional. Del mismo modo, el rol del aeropuerto y en especial del edificio principal pasó de considerarse “terminal” (como sentido de finalización de un trayecto individual) al criterio de *intercambiador*, tanto dentro del mismo sistema de transporte o como elemento de interrelación y conexión entre sistemas no aeronáuticos. Este es un criterio que habla de que un aeropuerto contemporáneo se considera como una instalación que actúa como intercambiador en un sistema multimodal de transporte en el que intervienen también los urbanos, las estaciones de ferrocarril y los puertos.



Figura 4. De la situación rural a la suburbana en el aeropuerto de Ezeiza.

Las grandes ciudades del planeta han experimentado desde los inicios del siglo XX procesos de cambio y desarrollo que los han transformado en estructuras de alta complejidad que ya no caben en la tradicional definición de ciudad, como elemento en equilibrio entre su estructura física y su estructura social. Conceptos como metrópolis o megalópolis intentan denominar estructuras urbanas de alta complejidad que necesitan para su tratamiento instrumentos de planificación más complejos y de actuaciones transdisciplinarias.

Los países desarrollados demuestran actualmente en su territorio varias áreas de metropolización, constituyéndose en corredores de continuidad espacial, productiva y económica que involucran a varias de las antiguas ciudades y que toman dimensiones territoriales, casi nacionales. Uno de los casos notables es la denominada megalópolis Boston-Nueva York-Washington en la costa Este de los Estados Unidos, como también lo es en Europa la región del Rin-Rhur que aglomera las ciudades de Essen, Duisburg, Dusseldorf, Colonia y Bonn, extendiéndose hacia el norte y hacia el sur, estableciendo un eje virtual que abarca desde Londres a Milán-Turín.



Figura 5. Áreas de megalópolis en EE.UU. La aglomeración Boston - Washington.

En esta situación de estructuras urbanas tan grandes y complejas, las interferencias posibles entre éstas y los aeropuertos son mucho más habituales.

Uno de los aspectos más complejos es en el caso en que la urbanización rodeó definitivamente el predio aeroportuario y ahoga la necesidad de aquél de construir nuevas pistas o ampliar instalaciones, estableciéndose un juego de interferencias recíprocas insalvables.



Figura 6. Interferencias aeroportuarias en la estructura urbana de Chicago. Mapas de ruido.

La mayoría de los aeropuertos urbanos de Europa no pueden desarrollarse más, no pueden crecer dada su situación en la congestión urbana. En este sentido, se ha llegado a pensar en relocar algunos como sucedió con el aeropuerto de Berlín, o incluso a relocar la parte aeronáutica (lado tierra) mediante una buena conexión con instalaciones de tratamiento de pasajeros y equipaje que siguen funcionando en el antiguo sitio (como en el proyecto para el aeropuerto de Schipol).

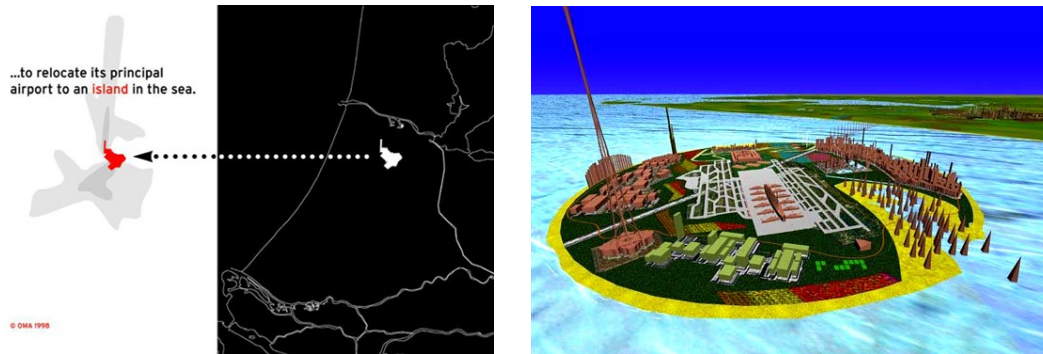


Figura 7. Proyecto de relocación del aeropuerto de Amsterdam. OMA/Rem Koolhaas.

Ciudades y Aeropuertos

En los inicios de la actividad aeroportuaria, el estudio de las relaciones entre estas instalaciones y la ciudad sólo presentaban problemas de conectividad vial, y la planificación y el diseño de relación entre ambos dependía solamente de un estudio de los flujos necesarios para el dimensionamiento de las carreteras y los sitios de estacionamiento como un hecho autónomo. Hoy, la situación es mucho más compleja a partir de los desarrollos que se han observado en las ciudades y en el campo aeronáutico entendiendo el diseño de un aeropuerto en el contexto de la planificación de un sector de ciudad, dentro de un espacio mayor de decisión regional.

Intentando resolver la compleja interacción entre los aeropuertos y las estructuras urbanas de su entorno, se han desarrollado diferentes ideas que se han ido practicando parcial o totalmente en algunos aeropuertos del mundo.

Hacia los años '70, en EE.UU. surge la idea de la denominada Ciudad Aeropuerto. Esta idea se plantea como un conjunto más o menos denso de actividades relacionadas con el aeropuerto y su funcionamiento, así como también actividades comerciales y empresariales situadas en el mismo predio y en su entorno inmediato. Es decir, que ya no se toma el diseño de un aeropuerto como una infraestructura solo del negocio aéreo sino que pasa a ser un elemento desarrollador urbano, con serias implicancias económicas, productivas y sociales en un entorno determinado [1].



Figura 8. La Ciudad Aeropuerto.

El criterio de ciudad aeropuerto incluye la realización de un espacio que además de resolver la problemática aeronáutica, posea las mismas características que cualquier porción de ciudad actual: densidad, accesibilidad, servicios, entorno urbano; estructuras que evolucionan del mismo modo que lo hace la ciudad.

Actualmente los aeropuertos demandan una movilidad mayor que en sus orígenes dada la diversidad de actividades que se despliegan en su predio, funciones que se expanden día a día. Esta movilidad ya no trata sólo con pasajeros sino que la gran afluencia de empleados fijos necesita de otros modos de acceso y transporte para poder procesarlos.

Como ejemplo, los aeropuertos de Frankfurt y Amsterdam poseen cerca de 60.000 empleados que todos los días ingresan al aeropuerto provenientes de diferentes puntos de la aglomeración urbana vecina. Esto implica redimensionar la red de transporte y redefinir los destinos de las redes regionales, puesto que esa multitud no llega al aeropuerto desde el centro de la ciudad (como el pasajero común) sino que parten desde puntos dispersos del entorno. Este tipo de situación se observa sobre todo en aeropuertos tipo Hub que mueven más pasajeros en tránsito que como origen o destino, llegando al caso de que el aeropuerto gestione una red de transporte regional para poder satisfacer la demanda de sus empleados

Las nuevas funcionalidades de las ciudades aeropuerto inciden naturalmente en la transformación de lo que se entiende por aeropuerto y en todos los componentes del mismo, principalmente en las terminales de pasajeros.

Estas nuevas estructuras “urbanas” destinan áreas para funciones que hasta ahora no se habían incluido en el predio aeroportuario, pero que comenzaban a acercarse espontánea o estratégicamente a los aeropuertos aprovechando sus buenas condiciones de conectividad. Hoteles, centros de convenciones, edificios de oficinas, shopping centers, centros de capacitación y enseñanza, centros de logística y tecnología (y hasta un centro médico de excelencia) pueden hoy formar parte del “programa” de un aeropuerto.

El espacio aeroportuario se transforma en un espacio infraestructural regional en virtud de su complejidad funcional y los alcances territoriales del mismo.

Por otro lado, también fue necesario replantear el criterio de manejo de estas instalaciones, modificando los modelos de gestión del aeropuerto, asemejándolos a los procesos de la gestión urbana y territorial.

Las actividades de la ciudad aeropuerto se funden con las de las terminales formando un nuevo conjunto multifuncional “urbano” que requiere de la planificación para destinar amplios sectores del área pública del aeropuerto para este tipo de emprendimientos que cada día tienen más influencia en el sostenimiento económico del aeropuerto.

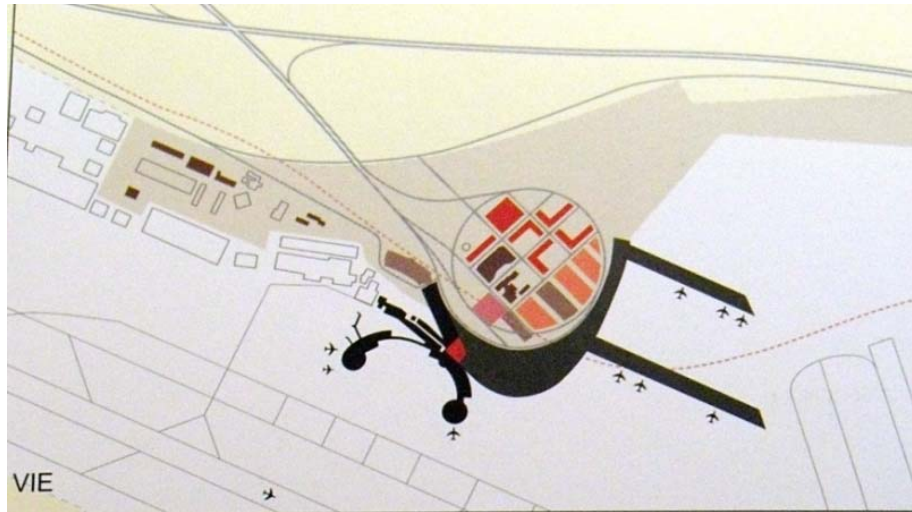


Figura 9. Nuevas áreas funcionales en el aeropuerto de Viena

En los últimos años se ha desarrollado un concepto más ambicioso aún para la planificación territorial y aeroportuaria, que plantea la creación de nuevos centros, más que la actualización de los aeropuertos existentes. El empresario estadounidense John Kasarda ha acuñado el término Aerotrópolis para describir la propuesta de un megadesarrollo urbano, de origen principalmente privado, como nuevo modelo de inversión de gran dinamismo, basado en los principios de los desarrolladores urbanos de gran escala.



Figura 10. John Kasarda: proyecto de Aerotrópolis.

Este tipo de emprendimientos asocian la red de negocios con la red de transporte construyendo una herramienta financiera híbrida para el manejo del territorio generalmente en países en los que el manejo territorial está predominantemente en manos de actores privados con mínima intervención estatal. En el mundo ya existen algunos casos de desarrollo de aerotrópolis, tanto en países desarrollados como en estados emergentes.



Figura 11. El aeropuerto contemporáneo como un hecho urbanístico.

CONCLUSIONES

En la actualidad, un aeropuerto no representa más una infraestructura establecida para la industria aeronáutica y su condición de transporte sino que se constituye en un hecho urbanístico de complejas implicancias económicas, productivas, sociales y estratégicas.

En este sentido, el criterio de Ciudad Aeropuerto es un medio posible de articular la complejidad, modernizar los mecanismos de la planificación territorial y quizás uno de los temas más importantes, la planificación y el control preciso del desarrollo del aeropuerto y de su entorno para volver al equilibrio aeropuerto-ciudad definido en los inicios, y poder mantener minimizadas las condiciones de interferencia, y optimizada la capacidad operativa de un aeropuerto contemporáneo.

REFERENCIAS

- [1] Güller, M., “Del aeropuerto a la ciudad aeropuerto”, Gustavo Gili, Barcelona, España, 2002.

ANÁLISIS DEL APOORTE GASEOSO CONTAMINANTE EN LA REGION OACI - CAR EN CICLOS LTO

Nahuel Tomassini^a, Matías Coppá^a, Juan Ignacio D'Iorio^a, Alejandro Di Bernardi^a

^aGrupo de Transporte Aéreo GTA – UID “GTA-GIAI” - Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina
tomassininahuel@gmail.com

RESUMEN:

El presente es un trabajo sobre el aporte de contaminante gaseoso durante un ciclo LTO (Landing - Take Off) realizado por aeronaves comerciales de transporte de pasajeros y carga. El documento describe aspectos globales relacionados con la situación de las aerolíneas operativas, a marzo del 2012, en los países integrantes de la región CAR de OACI. Se realiza un listado de las compañías aéreas operativas para luego pasar a la caracterización de su respectiva flota. En ésta caracterización se detallan aspectos relacionados a: cantidad, tipo de fuselaje, fabricante y motorización. Luego, analizando la planta poder, se comparan los aportes de contaminantes gaseosos para un ciclo LTO completo de cada aeronave. Con los resultados anteriores podemos determinar la contribución a la masa gaseosa por compañía, país, y finalmente la región completa.

This is a study of the contribution of gaseous emissions in a LTO cycle (Landing - Take Off) performed by commercial aircraft (passenger and cargo). The document describes global issues related to operating airlines to March, 2012 in ICAO CAR region countries. A list of airlines in operation was made, and then were characterized, i.e. type and model of aircraft, quantity, type of fuselage, manufacturer and engines. Then, according to the power plant's contribution, a comparison of gaseous emissions in a LTO cycle by aircraft was made. The contribution to the gaseous mass by company, country, and finally the entire region is finally determined.

Palabras clave: CAR, flota, motores, LTO, contaminantes.

INTRODUCCIÓN

Hacia el año 2012 existían en el mundo unas 25.400 aeronaves comerciales que realizaban un promedio de 30.000.000 de operaciones al año [1]. Las prognosis estiman que este número se duplicará en los próximos 20 años, razón por la cual es necesario cuantificar y reducir los impactos que produce la actividad. En ese contexto, resulta conveniente definir un punto de partida en lo que respecta a la división de ése total de aeronaves por fabricantes a nivel global, lo cual en los siguientes gráficos se representan las aeronaves y planta poder asociadas de las principales aerolíneas comerciales.

Tomassini, Coppa, D’lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

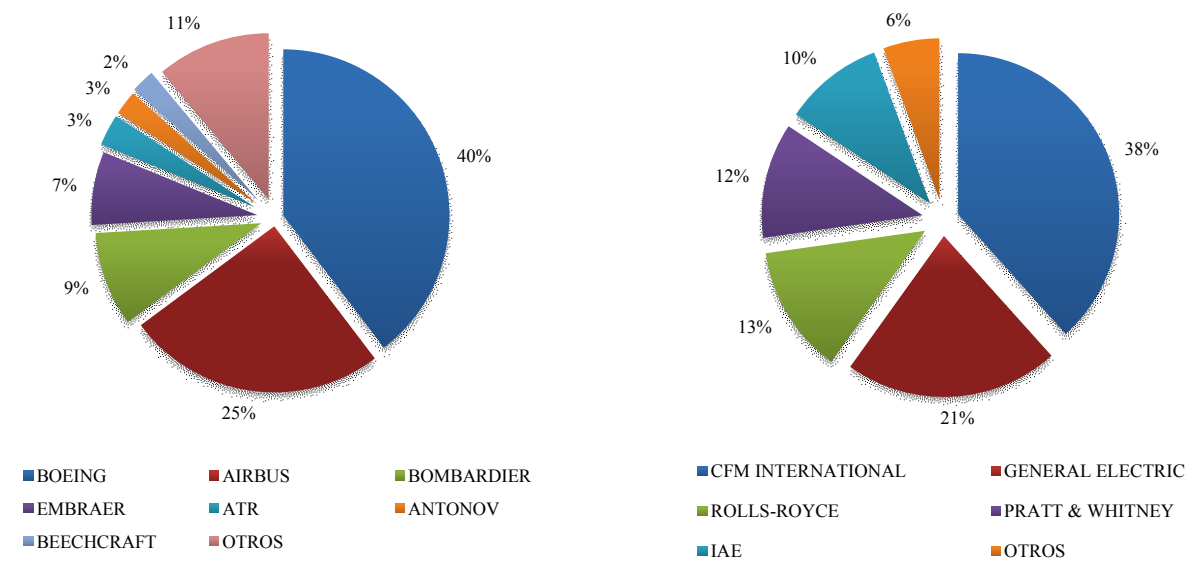


Figura 1. Distribución mundial de aeronaves y motores según fabricantes. [1]

Por otra parte, con objeto de mostrar la distribución de las mismas en las diferentes regiones mundiales, se presenta una mapa resumen comparativo de carácter cualitativo:

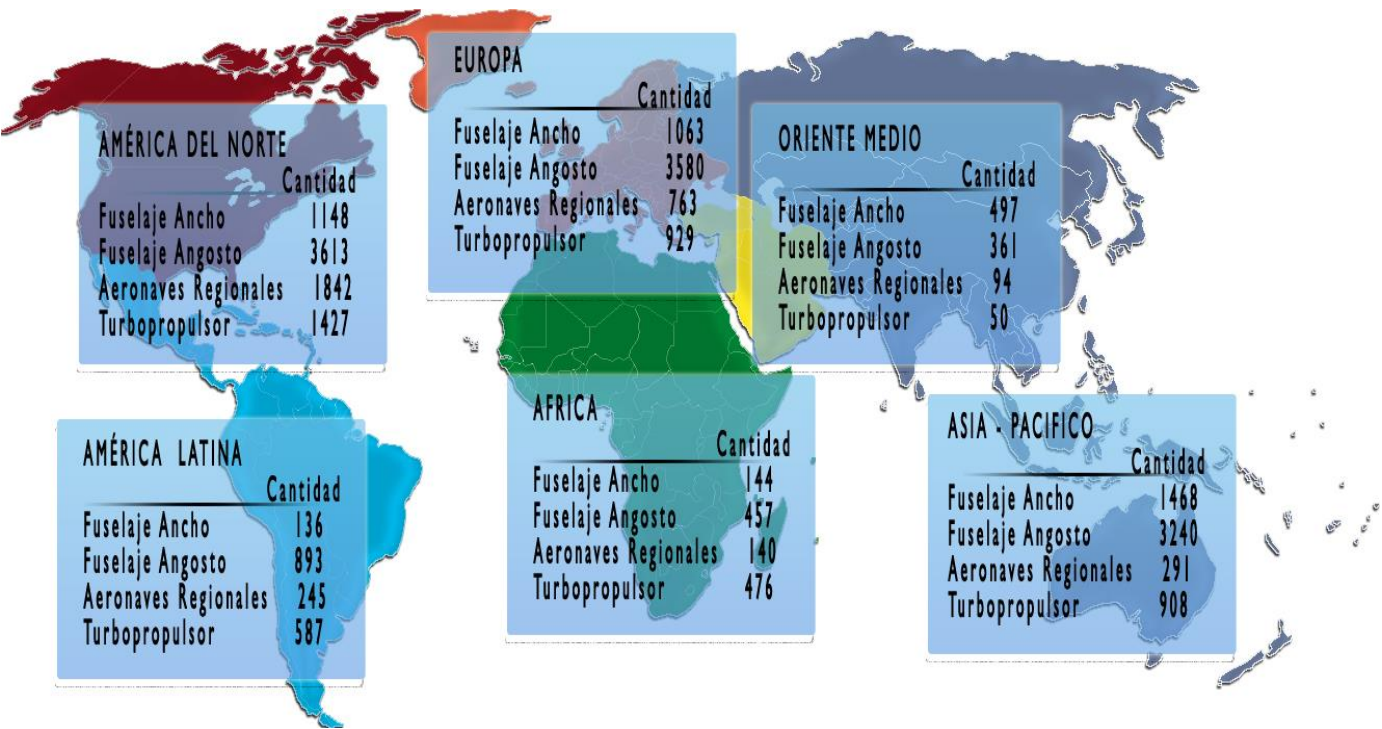


Figura 2 Distribución de aeronaves en las distintas regiones del mundo.[2]

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

En cuanto a la distribución del tráfico de pasajeros a nivel mundial, en el 2012 el transporte aerocomercial alcanzó los 3 billones de pasajeros. Sobre la base de datos de las 200 aerolíneas que han registrado mayor cantidad de personas transportadas, se muestra la distribución por regiones:

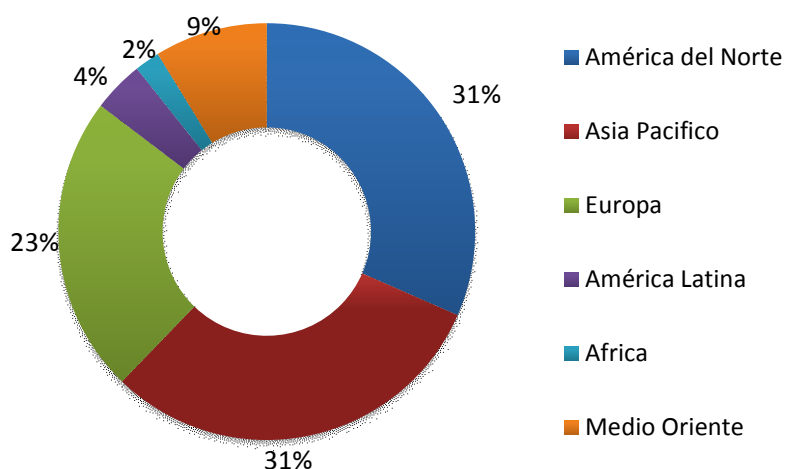


Figura 3. Tráfico de pasajeros en el mundo [3]

Asociado a este tráfico de pasajeros, se muestra a continuación el factor de ocupación promedio discriminado por regiones:

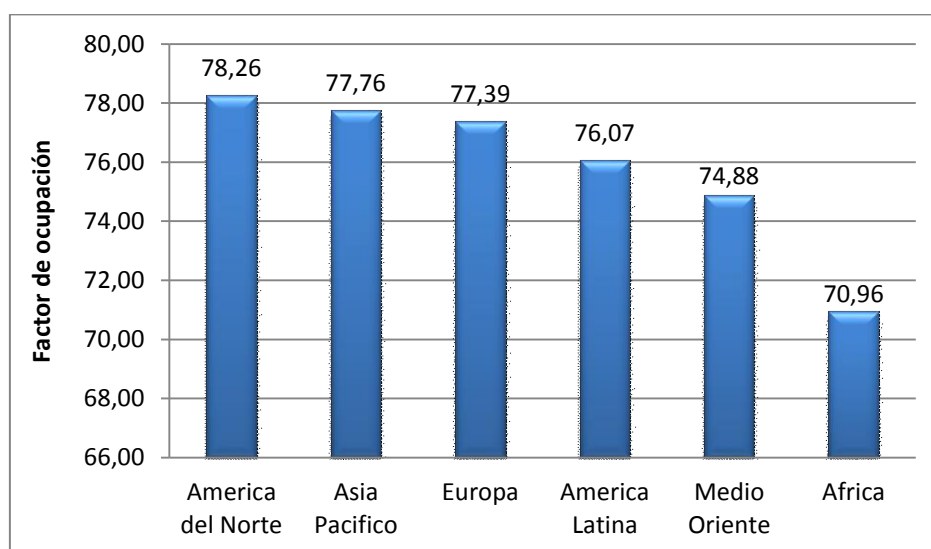


Figura 4. Factor de ocupación por regiones [3]

La región CAR de OACI está compuesta por 33 países, de los cuales se muestra a continuación los analizados:

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.



Figura 5. Mapa región OACI CAR

En cuanto a los aspectos de la actividad aerocomercial, la región CAR presenta un paulatino y sostenido crecimiento desde algunos años, con México a la cabeza y como principal exponente de éste desarrollo. Siempre en niveles de progreso dentro de los promedios mundiales referidos al tráfico de pasajeros, pero que, comparado con tiempos pasados, cobran una importancia aún mayor. Para el año 2012, la aerolínea Aeroméxico Connect se encontraba en el puesto número 18 a nivel mundial en la categoría “Transporte Regional”, registrando así un crecimiento del 16% con respecto al periodo anterior y llegando a transportar 3.7 millones de pasajeros según datos comerciales del año 2011. [3]

Este crecimiento por parte de la región trae aparejado el consecuente aumento en emisiones contaminantes a la atmosfera, que resulta útil cuantificar. A continuación se presenta una breve reseña del fenómeno del quemado de combustible aeronáutico convencional (Jet A-1). Las cantidades totales de gases emanados dependerán de ciertos factores tales como el tipo de combustible utilizado, la riqueza de la mezcla, la cantidad de combustible, el mantenimiento de la cámara de combustión o del motor en general, entre otros.

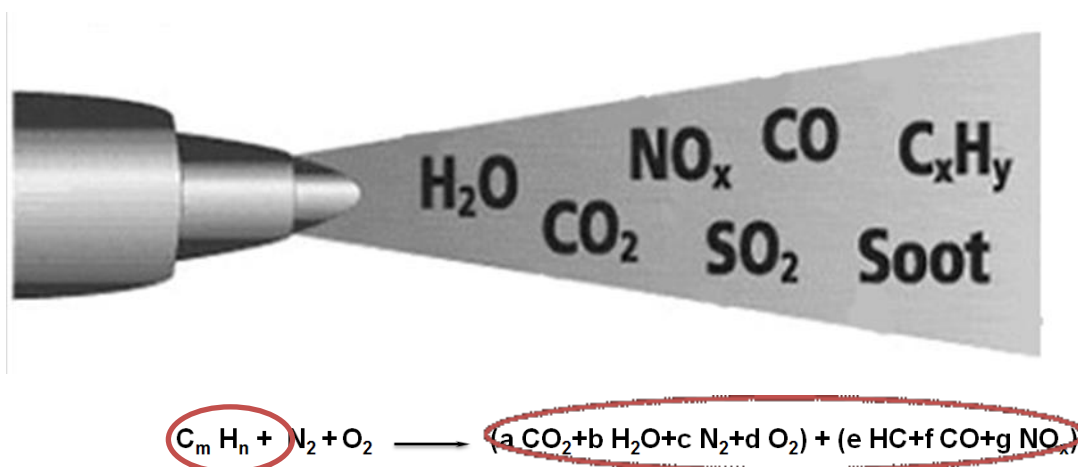


Figura 6. Emisiones contaminantes debido al quemado de combustible aeronáutico.

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

La identificación y cuantificación de estas emisiones ha sido uno de los objetivos principales de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), que mediante el Comité sobre la Protección del Medioambiente y la Aviación (CAEP), ha desarrollado normativa para el desarrollo del transporte aéreo sustentable.

METODOLOGIA

Inicialmente se obtuvieron las características de las flotas de todas las aerolíneas que operan en la región, es decir, fabricante, modelo, matrícula y fecha de fabricación, con el objeto de obtener la planta poder específica de cada aeronave. Utilizando la base de datos de emisiones contaminantes de OACI [4], se analizaron las cantidades de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno aportados por cada ciclo LTO (Landing–Take-Off) para todas las aeronaves bajo estudio.

Con la intención de determinar las emisiones de gases contaminantes se ha desarrollado una metodología; en el siguiente diagrama sintético se observa el procedimiento aplicado:



Figura 7. Metodología aplicada

Los contaminantes analizados fueron:

- Hidrocarburos no quemados (HC).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Monóxido de carbono (CO).

Los cálculos se realizaron para un ciclo LTO (Landing – Take-Off). El mismo incluye las siguientes fases operacionales:

- *Landing*: operaciones que se realizan desde los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto hasta que alcanza la superficie de la pista.
- *Taxi in*: maniobras que realiza el avión hasta llegar a su puesto de estacionamiento en plataforma, en condición de *Block-On* (calzos colocados).
- *Taxi out*: son las maniobras que realiza el avión desde el *Block-Off* (calzos afuera) hasta llegar a la cabecera de pista.
- *Take off*: son las operaciones que realiza el avión en la pista para lograr el despegue.
- *Climbout*: son las operaciones que realiza el avión hasta alcanzar los 1.000 metros de altura sobre la cota del aeropuerto.

Se presentan a continuación, según OACI, los empujes y duración de la condición operativa del ciclo LTO.

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

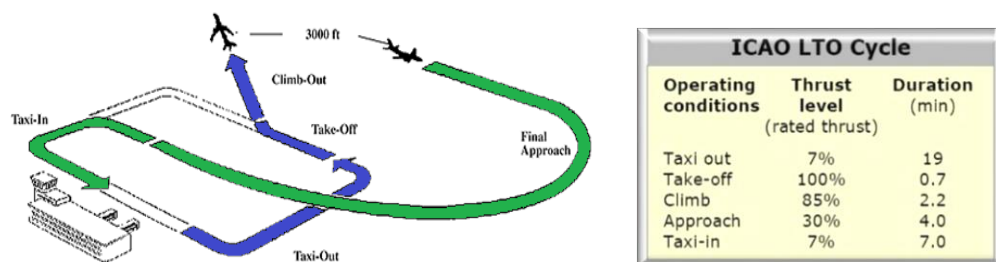


Figura 8. Representación del ciclo Landing – Take-Off

Luego se caracterizó la flota operativa de la región, teniendo en cuenta los siguientes factores: fabricante, modelo, planta poder, año de fabricación y tipo de fuselaje. Para la obtención de los contaminantes citados fueron considerados los datos de motores tipo turbo fan existentes en la base de datos de OACI; para los motores turbohélice se utilizan datos experimentales [5].

Los contaminantes por motor son los aportados en un ciclo LTO; el combustible aeronáutico posee las siguientes especificaciones [6]:

Tabla 1 . Propiedades del combustible aeronáutico estudiado

Propiedad	Gama permisible de valores
Densidad, kg/m ³ a 15 °C	780 – 820
Temperatura de destilación, °C 10% del punto de ebullición	155 – 201
Punto final de ebullición	235 – 285
Calor neto de combustión, MJ/kg	42,86 – 43,50
Aromáticos, % de volumen	15 – 23
Naftalinas, % de volumen	1,0 – 3,5
Punto de humo, mm	20 – 28
Hidrógeno, % de masa	13,4 – 14,3
Azufre, % de masa	menos de 0,3%
Viscosidad cinemática a –20°C, mm ² /s	2,5 – 6,5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla, a modo de resumen, se muestra el estado actual de la región CAR respecto a la flota aerocomercial de transporte:

Tabla 2. Tabla resumen de región OACI CAR

Cantidad de países que la componen	33
Cantidad de aerolíneas	43
Cantidad de aeronaves	376
Edad promedio del total de la flota	13 años

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se detalla a continuación la distribución de aeronaves en la región

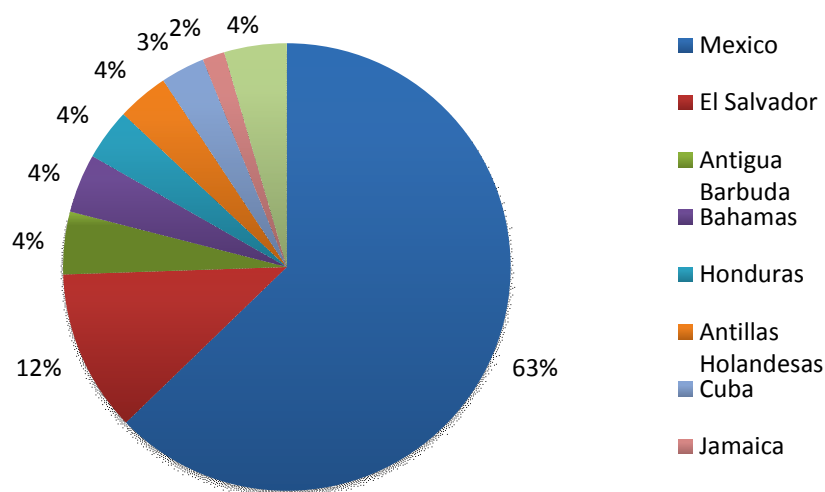


Figura 9. Distribución de aeronaves en la región CAR

Es notable el liderazgo de México frente al resto de los países de la región. Es por ello que este país será el que defina en un mayor porcentaje la huella gaseosa contaminante en la misma.

Continuando con la evaluación de los datos obtenidos, se especifica la edad promedio de la flota por país.

Las edades promedio máximas no llegan a los 25 años, manteniéndose entre 15 y 25; esto se debe a la poca actividad aerocomercial que tienen esos países con aerolíneas propias y, por ende, no poseen la capacidad suficiente para renovar su flota. Se observa que México, además de tener la mayor cantidad de aeronaves, posee un promedio por debajo de la media de la región.

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

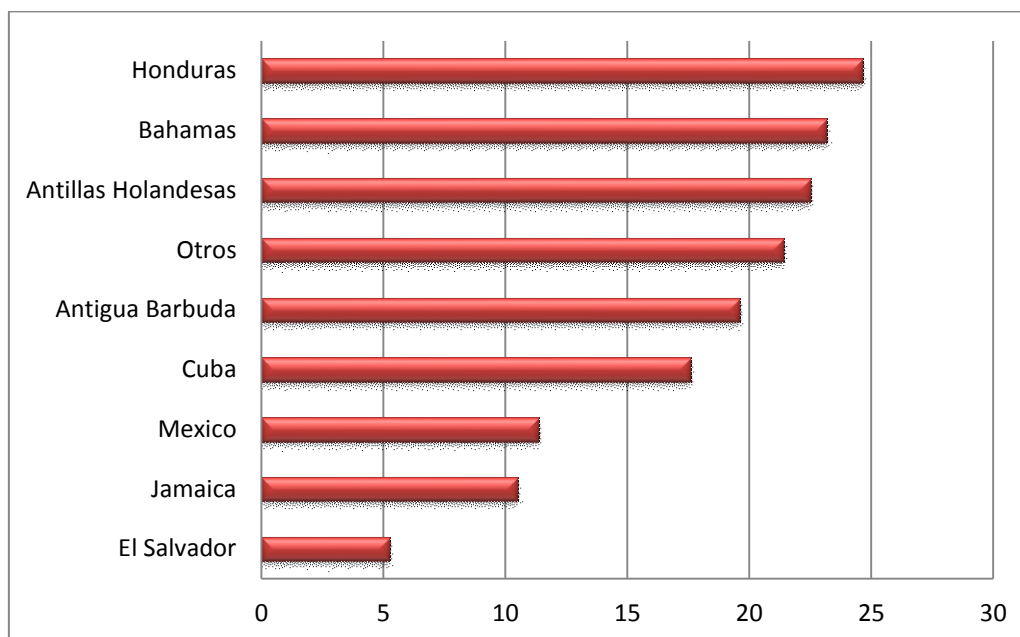


Figura 10. Edad Promedio de la flota por país.

En el caso de El Salvador, se entiende que su bajo promedio se debe a que al momento del estudio solo había una aerolínea operativa (TACA), compañía aérea con una alta actividad en la región.

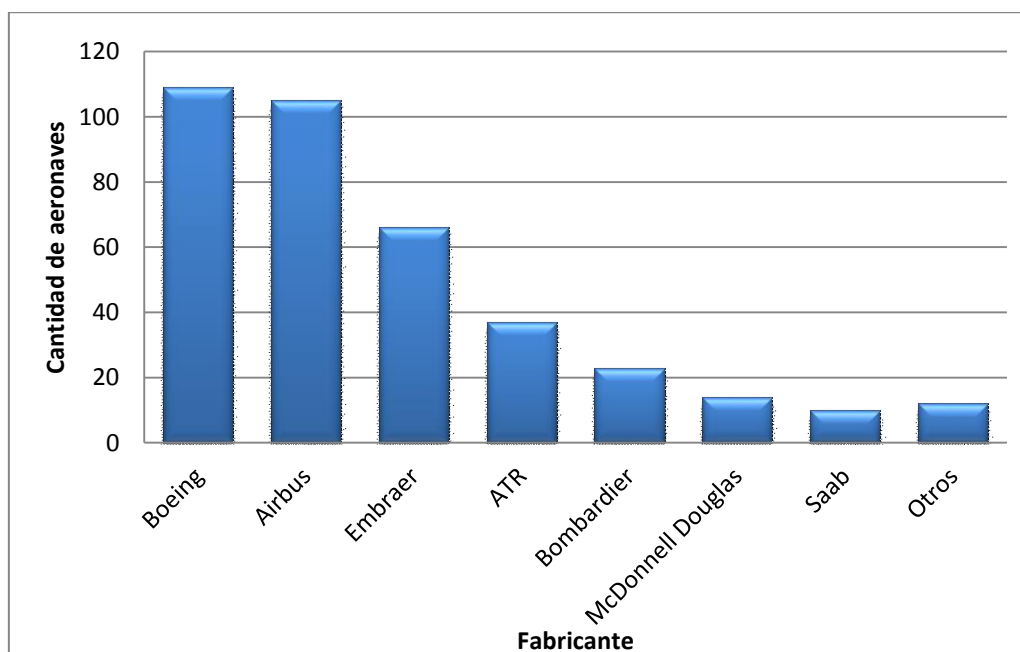


Figura 11. Cantidad de aeronaves por fabricante en la región

Se presenta a continuación un gráfico de la distribución por fabricante de las aeronaves operativas a la hora de realizar el presente análisis:

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

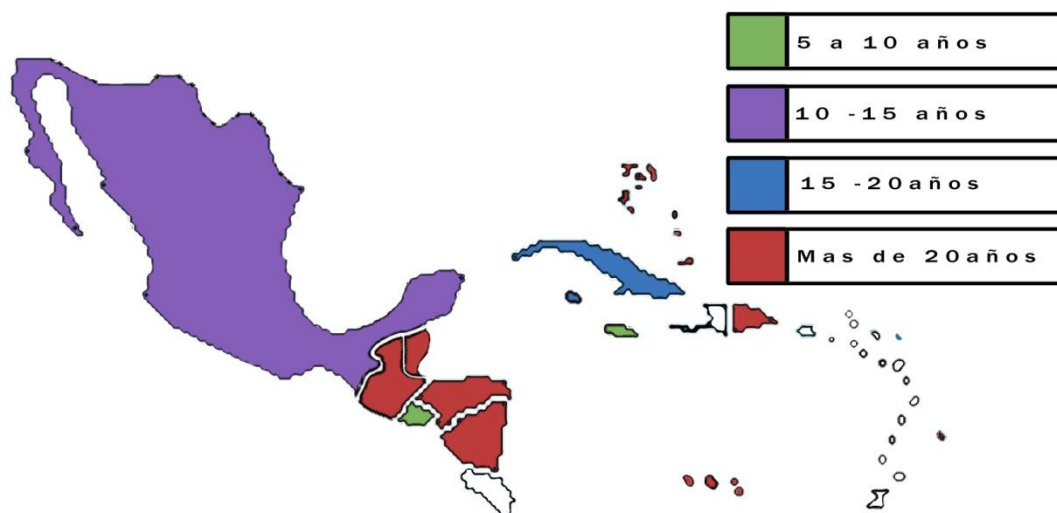


Figura 12. Edad promedio de la flota de la región CAR , Escenario 2012

Se puede observar la inclinación de las compañías a la hora de elegir su material de vuelo. Es notable la cercanía entre Boeing y Airbus, ya que la diferencia a nivel mundial es mucho más amplia. Entra en juego de una forma más intensa Embraer, dado que su oferta de aeronaves de pasillo simple es muy amplia y es el segmento de preferencia en CAR.

Dicha preferencia se evidencia al observar como se distribuye el total de aeronaves en éstos dos segmentos: aeronaves de pasillo ancho (Wide Body) y aeronaves de pasillo simple ó angosto (Narrow Body).

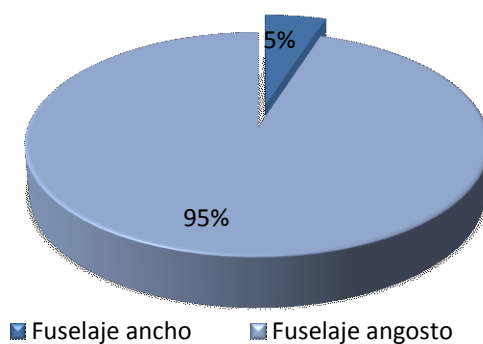


Figura 13. Distribución de fuselaje ancho/angosto en la región CAR.

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

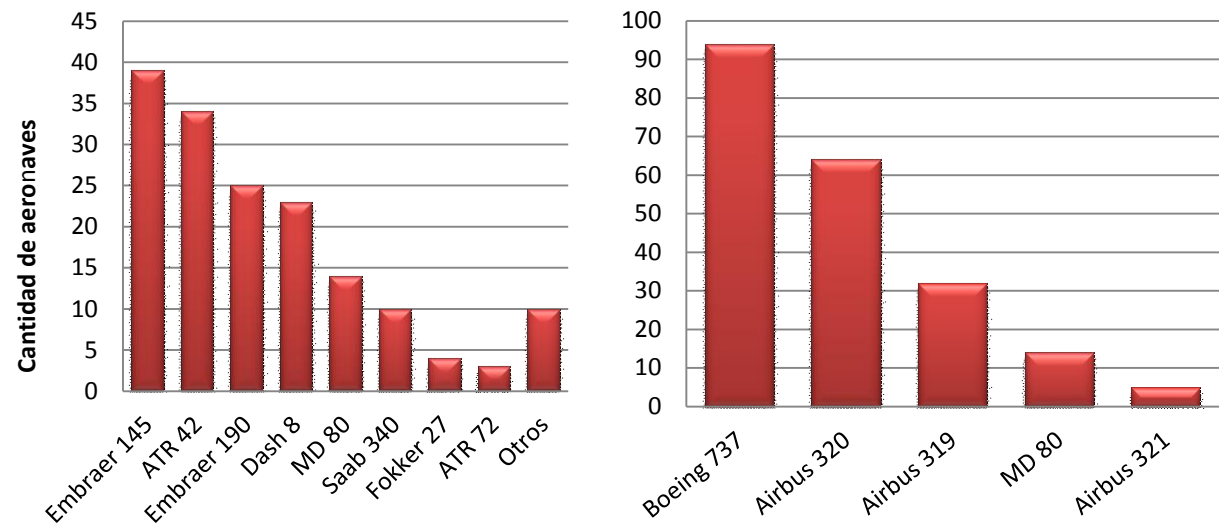


Figura 14. Distribución de aeronaves de fuselaje angosto a) regionales b) de largo alcance

Teniendo en cuenta lo anterior, se centraliza el estudio en las aeronaves fuselaje angosto, mostrando primero aquellas afectadas al mercado de cabotaje, y en segundo lugar las afectadas al mercado regional e internacional.

Siguiendo con la secuencia de análisis, se expondrán representativos de las plantas motrices utilizadas en la región.

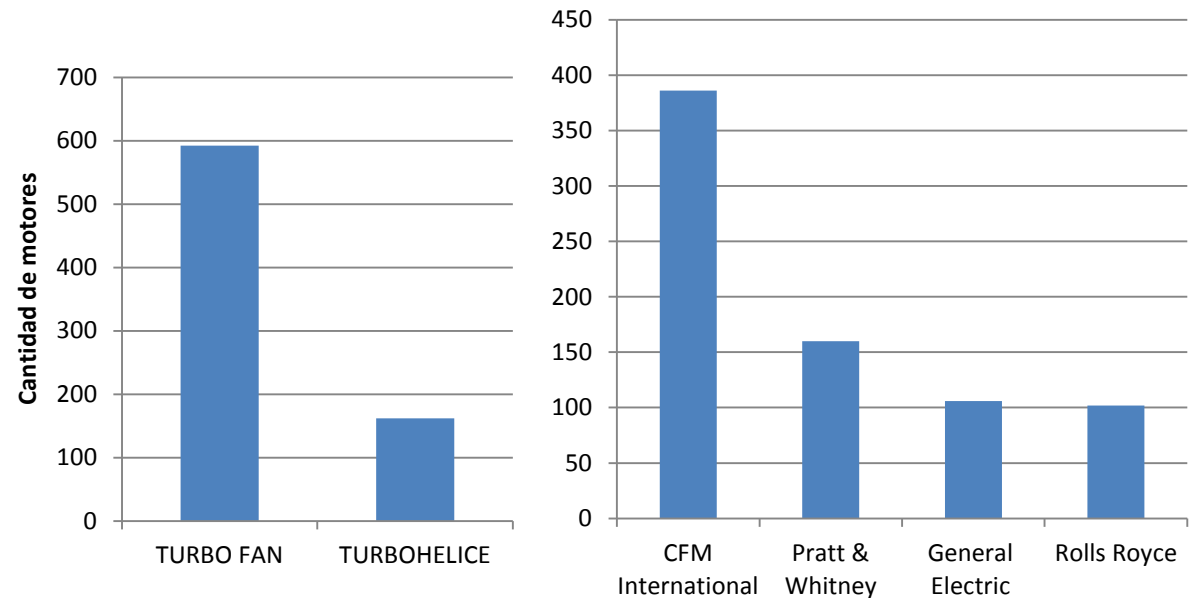


Figura 15. Cantidad de motores vs. Tipo de motor

Utilizando la base de datos de emisiones contaminantes de OACI [5], se analizaron las cantidades de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno aportados por cada ciclo LTO (*Landing–Take-Off*) para todas las aeronaves bajo estudio.

Tomassini, Coppa, D’lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

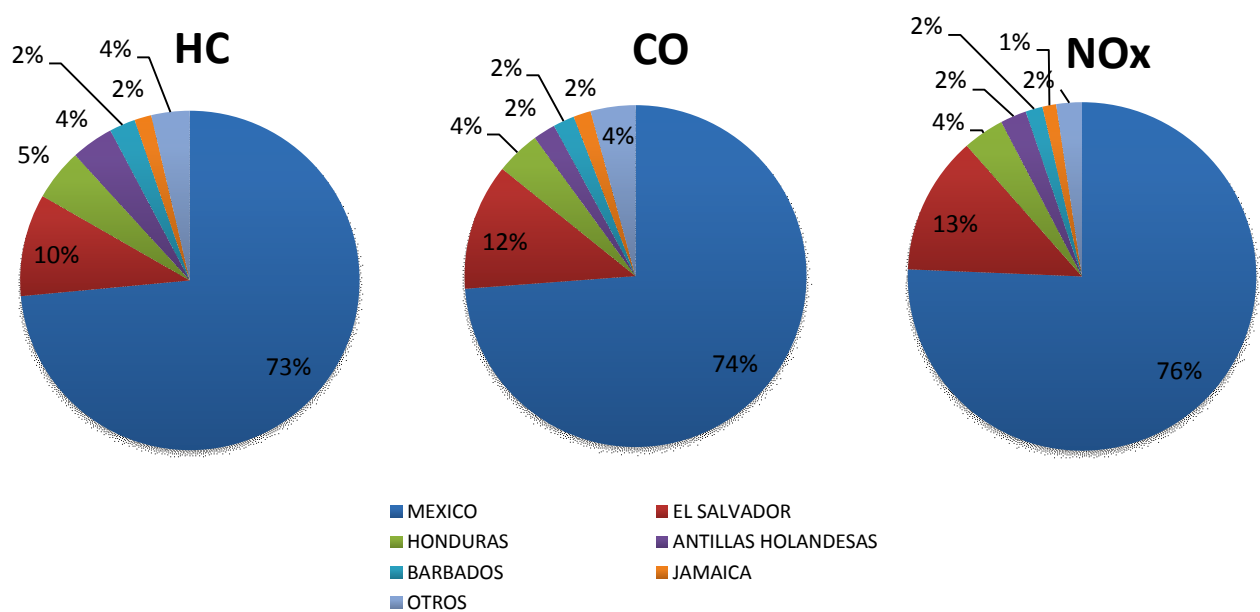


Figura 16. Porcentajes de contaminantes emitidos por país.

Con el fin de obtener gráficos más claros se separa a México del resto de los países de la región, dado que su aporte es significativamente superior al resto y el contraste es elevado. Las emisiones de gases contaminantes para México en un ciclo LTO, según el escenario 2012, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Contaminantes emitidos por México

CONTAMINANTE	[Kg]
HC	248,5
CO	2.243,8
NOx	2.115,6

Para una mejor visualización se especifican a continuación el resto de los países:

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

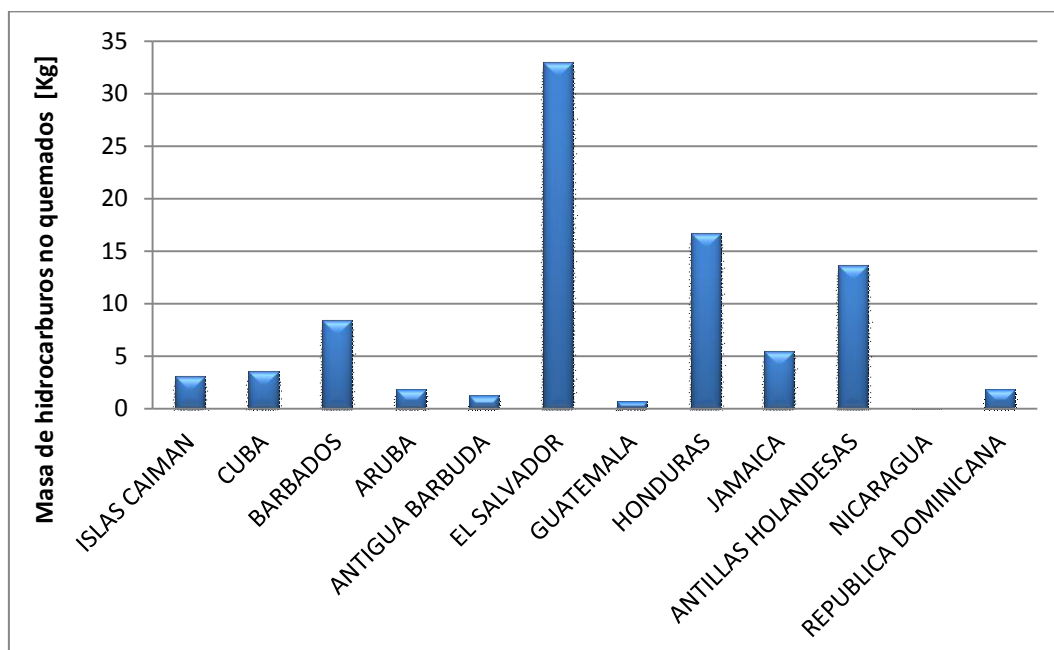


Figura 17. Aporte de HC por los países de la región CAR, por ciclo LTO, escenario 2012.

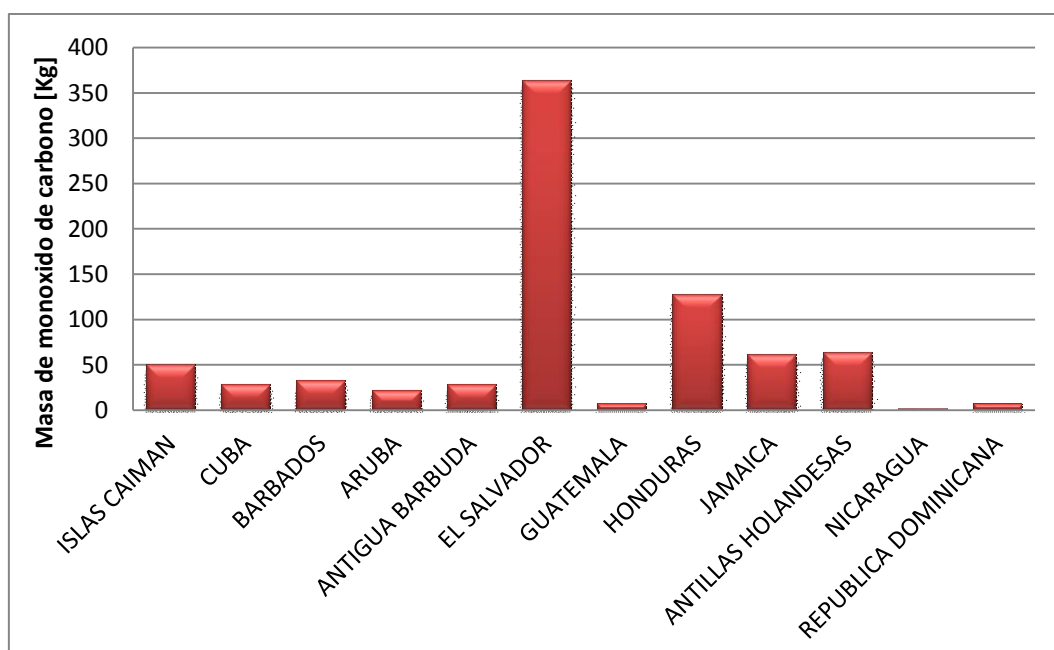


Figura 18. Aporte de CO por los países de la región CAR, por ciclo LTO, escenario 2012.

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

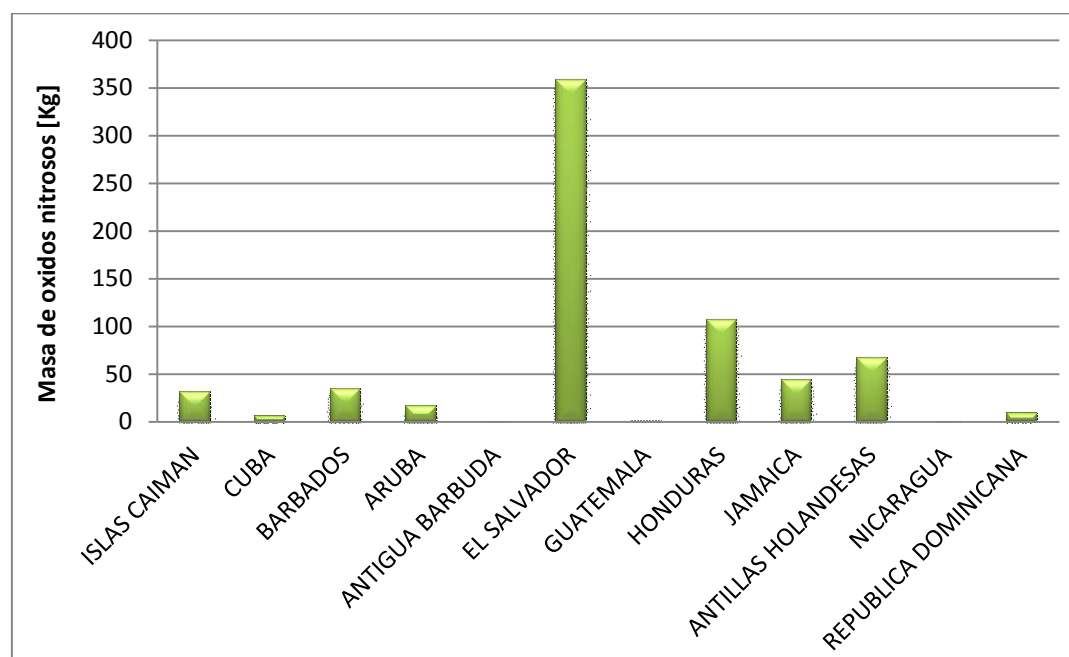


Figura 19. Aporte de NO_x por los países de la región CAR, por ciclo LTO, escenario 2012.

CONCLUSIONES

Las características de la flota de dicha región se encuentra muy influenciada por la flota de México, que cuenta con 17 aerolíneas a razón de 236 aeronaves y una edad promedio de 11,36 años y por la flota de El Salvador la cual solo con la aerolínea TACA posee 44 aeronaves y un promedio de 5,32 años.

Los resultados obtenidos de emisiones gaseosas dependen fuertemente de la cantidad de operaciones, pero se observa a su vez, que el tipo y modelo de aeronave con su planta poder asociada, son parámetros de gran importancia al momento de cuantificar dichos aportes contaminantes.

Es por ello que la superioridad de México, en cuanto al nivel de emisiones contaminantes por ciclo LTO (superior al 70%), se atribuye al ser el país con mayor cantidad de aeronaves operativas, destacando a su vez que la edad promedio de su flota es una de las menores de la región. La situación de emisiones gaseosas en los otros países de la región varía de acuerdo no solo con la cantidad de aeronaves, si no con la edad promedio de la flota.

Con el fin de obtener un valor de aporte en el tiempo, sería importante cotejar los valores obtenidos con los datos de frecuencias de los operadores aéreos; es de esperar que las emisiones en el entorno aeroportuario de los países con mayor cantidad de aeronaves multipliquen el aporte debido a la cantidad de operaciones.

Los valores obtenidos muestran que es necesaria, a nivel global, la implantación de operaciones y procedimientos, tanto en aproximación como en tierra, para la mitigación y reducción de aportes contaminantes.

El sector de transporte aéreo, debido a acuerdos empresariales, políticas de estado y constante renovación de flota, se caracteriza por su fuerte dinamismo, es por ello, que el análisis de situación actual debería ser acompañado de una evolución histórica de las características de la flota y políticas aplicadas por los operadores aéreos, para entender en su conjunto la proyección y la situación de las regiones bajo análisis.

Tomassini, Coppa, D'lorio y Di Bernardi – Análisis del aporte gaseoso contaminante en la región OACI – CAR en ciclos LTO.

REFERENCIAS:

- [1] Flight Global, “Special Report: World Airliner Census 2012”, *Airlines Business*, Abril 2012
- [2] Flight Global , “Fairline employment & fleet forecast trends 2013, *Airlines Business*, March 2013
- [3] Flight Global, “Special report: Regionals 2012”, *Airlines Business*, Octubre 2012
- [4] OACI, “Aircraft Engine Emissions Databank”, Marzo 2012
- [5] FOI Aviation Enviroment, “Tablas de emisiones contaminantes por aeronaves”, Diciembre 2001
- [6] “Protección del Medio Ambiente – Volumen I, Ruido de las Aeronaves”, Anexo 16 al Convenio de Aviación Civil Internacional, *Apéndice 4*, OACI, julio 1993.

RELACIÓN FUNCIONAL METROPOLITANA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

T. Torres^a y L. Chías^b

^a Posgrado de Urbanismo, Facultad de Arquitectura,
Universidad Nacional Autónoma de México
Edificio Unidad de Posgrado 1er piso, Circuito Interior,
C. U. Coyoacán C.P. 04510, México, D. F.

^b Instituto de Geografía,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Circuito Exterior S/N, Coyoacán C.P. 04510, México, D.F.
Email: zazy.tr.g@comunidad.unam.mx

RESUMEN

El objetivo del trabajo es conocer cómo el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) influye en la estructura y dinámica de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Se analizó la estructura empresarial asociada a los servicios que proporciona el AICM, clasificadas en: empresas de transporte aéreo, otras relacionadas con el transporte aéreo, de intermediación para el transporte de carga, mensajería y paquetería, corporativos, hoteles y autobuses. La fuente consultada fue el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Los resultados muestran que en de la ZMVM se localizan 1,441 unidades económicas (UE), directa e indirectamente relacionadas con los servicios que brinda el AICM: 1,233 se localizan en el Distrito Federal y 208 en el Estado de México. De acuerdo a la especialización económica se generará un patrón de distribución territorial específico. La identificación de dichos patrones resulta de la funcionalidad del tipo de UE, de la estructura socioeconómica de la ZMVM y de la organización de la red vial, misma que determina la accesibilidad y cobertura de las UE. El análisis espacial de éstas permite apreciar por primera vez las relaciones funcionales de la organización empresarial que gira en torno al AICM en la ZMVM.

The aim of the study was to determine how the international airport of Mexico City (AICM) influences the structure and dynamics of Mexico City metropolitan area (ZMVM). We analyzed the business structure associated with the services provided by the AICM, classified as: air carriers, others related to air transport, brokerage for cargo transportation, package delivery, corporate, hotels and buses. The source consulted was the national statistical directory economic units (DENUE). The results show that in the ZMVM are located 1,441 economic units (UE), directly or indirectly related to the services provided by the AICM: 1,233 are located in Federal District and 208 in the State of Mexico. According to economic specialization will generate a specific territorial distribution pattern. The identification of such patterns resulting from the UE type functionality of the socioeconomic structure of the ZMVM and the organization of the road network, it determines the availability and coverage of the UE. Spatial analysis of these allows to appreciate for the first time the functional relationships of the business organization that revolves around the AICM in the ZMVM.

Palabras clave: (aeropuertos, estructura urbana, patrones territoriales de las unidades económicas.

INTRODUCCIÓN

Las teorías y conceptos existentes sobre el estudio de la ciudad dejan claro que, no hubo ni hay hasta el día de hoy un acuerdo entre los investigadores sobre la forma, transformación y estructura de la ciudad. La incorporación del transporte como parte de esa estructura en un principio no se consideró; en un segundo momento se incorporó al transporte urbano, omitiendo la influencia del transporte aéreo en la ocupación del territorio y en la funcionalidad de la ciudad.

Para algunos autores como Rodrigue [8], la geografía impone una organización de actividades y en consecuencia, una estructura espacial. Para este autor una dimensión de la organización espacial es aquella que se refiere a la diferenciación espacial, la cual tiene características como la ubicación, el tamaño y la densidad, los cuales muestran las desigualdades en la distribución.

Para este autor la ubicación de las actividades económicas se fundamenta en las características de una localización específica, así como de la relación de una localización en relación a otros lugares. Las ciudades son los lugares adecuados para el establecimiento de actividades económicas entre ellas manufactura y servicios, donde el transporte se es una pieza clave su ubicación.

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) tiene un impacto no solo en el espacio que ocupa-esto queda establecido mediante la insuficiencia físico- operativa que presenta desde hace varias décadas-, también se relaciona con la organización y función de la ciudad; es decir, con las actividades económicas que se realizan en ella y que la relacionan con el territorio adyacente. Para analizar la dicha funcionalidad, se tomó como unidad de medición a las unidades económicas asociadas a los servicios que brinda el AICM.

METODOLOGÍA

El primer paso dentro de esta investigación fue seleccionar y clasificar aquellas unidades económicas que tienen relación con los servicios de transporte aéreo y no aéreo que proporciona el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México la Ciudad de México¹, para ello se consideraron aquellas de relación directa y de relación indirecta. Estas a su vez se subdividen en otros servicios, entre estas se encuentran²:

De relación directa:

1. Servicios de transporte aéreo
 - Transporte aéreo regular en líneas aéreas nacionales
 - Transporte aéreo regular en líneas aéreas extranjeras
 - Transporte aéreo no regular
2. Servicios relacionados con el transporte aéreo
 - Servicios a la navegación aérea
 - Administración de aeropuertos y helipuertos
3. Servicios de intermediación para el transporte de carga
 - Servicios de agencias aduanales
 - Otros servicios de intermediación

¹ La Zona Metropolitana del Valle de México es aquella extensión territorial que abarca las 16 delegaciones del Distrito Federal, 59 unidades municipales del Estado de México y uno del Estado de Hidalgo. Fuente [9, Cuadro 5.13]. Sin embargo, en este trabajo de investigación la ZMVM está conformada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 59 municipios del Estado de México.

² Para la selección y clasificación de las unidades económicas se tomó como fuente a [1,3,4,5]

De relación indirecta:

1. Servicio mensajería y paquetería
Servicios de mensajería y paquetería local
Servicios de mensajería y paquetería foráneo
2. Corporativos
3. Hoteles con otros servicios integrados³
4. Autobuses foráneos.

La identificación de datos y ubicación de las unidades económicas dentro de la ZMVM se llevó a cabo tomando como fuente el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), el cual proporciona información de todas las actividades económicas que tienen lugar en el territorio nacional y cuya última versión actualizada se presentó en marzo de 2011 a través del sistema de consulta. Sin embargo, para realizar la descripción de las actividades económicas tomamos como fuente al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2007 (SCIAN 2007), debido a que el código de la clase de cada actividad fue asignado con base en este sistema. La ubicación de los municipios y delegaciones, se llevó a cabo por medio del Marco Geoestadístico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía⁴ (INEGI).

De los datos de identificación y ubicación de cada unidad económica que proporciona el DENUE, se consideraron únicamente aquellas que tienen relación directa en la georeferenciación y establecimiento de la función-operación de las unidades económicas. Entre ellas se encuentran:

- | | | |
|--|---|-------------------|
| 1. Nombre de la unidad económica | } | Función-Operación |
| 2. Razón Social | | |
| 3. Código de la clase de actividad | | |
| 4. Nombre de la clase de actividad | | |
| 5. Estrato de personal ocupado (se consideran todos los rangos) | } | Georeferenciación |
| 6. Domicilio geográfico o postal (nombre de la vialidad y número exterior) | | |
| 7. Nombre y clave de la entidad federativa | | |
| 8. Nombre del municipio o delegación, para el Distrito Federal | | |
| 9. Nombre del municipio (AGEM) | | |
| 10. Nombre de la localidad | | |

La representación gráfica de la ubicación espacial de las unidades económicas del trabajo de investigación, se llevó a cabo por medio de ArcMap, el cual al ser el componente principal de un sistema de información geográfica como lo es ArcGIS, es un instrumento que realiza diversos análisis mediante la creación, manipulación y actualización de diversos modelos cartográficos (Reséndiz, 2007).

Si bien el área de estudio de la investigación es la ZMVM, en la georeferenciación de las unidades económicas, se delimita como un todo a la ZMVM, se hace una distinción de los límites del Distrito Federal con sus 16 delegaciones, así como los 59 municipios del Estado de México que forman parte

³ El Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2007 (SCIAN 2007) dentro del servicio hoteles, moteles y similares, subdivide aquellas unidades económicas que cuentan con otros servicios integrados, aquellos sin otros servicios integrados y moteles. Es importante mencionar que dentro de la ZMVM se ubica un total de 1879 unidades económicas dedicadas al servicio de hoteles y moteles, de las cuales 771 se localizan dentro del Distrito Federal y 1108 en el Estado de México. De los 771 hoteles dentro del Distrito Federal, 325 proporcionan servicios integrados, 411 no cuentan con ellos y 35 brindan servicio de motel. Dentro del Estado de México se ubican 422 hoteles con servicios integrados, 596 sin servicios integrados y 90 moteles. Con la finalidad de depurar y hacer una georeferenciación más clara, consideramos únicamente aquellos hoteles con otros servicios integrados.

⁴ El Marco Geoestadístico, es un sistema de carácter nacional diseñado, para referenciar correctamente la información estadística de los censos y encuestas con los lugares geográficos correspondientes. Proporciona la ubicación de las localidades, municipios y entidades del país, utilizando coordenadas geográficas.

de la ZMVM, ello con la finalidad de esclarecer la ubicación de las empresas y establecer patrones de ubicación dentro de la misma zona de estudio.

A manera de ser más claros y facilitar la lectura de los de cada actividad, se realizó una diferenciación por medio de sombreados de un mismo color para las delegaciones y municipios con mayor concentración, uno más claro para los de concentración media y otro más tenue para los de concentración de unidades económicas.

También se incorporó la georreferenciación de las principales vialidades del Distrito Federal, ello con el objetivo de facilitar los patrones de localización.

Las interrogantes que se plantean en esta etapa de la investigación y que podemos contestar con base en la información que proporciona el DENU son:

¿Qué unidades y tipo dentro de la ZMVM podemos suponer tienen relación con el AICM?

¿Qué tipo de relación tienen con el aeropuerto?

¿Dónde se localizan?

¿Cuál es el patrón de ubicación?

IDENTIFICACIÓN DE PATRONES DE LOCALIZACIÓN

La descripción y análisis de las unidades económicas relacionadas al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, se basó en el Cuadro 1, el cual es una síntesis de lo que denominamos la estructura espacial de dichas unidades dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México.

En marzo del 2011 se localizaron en la ZMVM 1441 unidades económicas, las cuales se considera pueden tener relación directa e indirecta con los servicios que brinda el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México -Figura 1-. El 85.57%, es decir 1233 de estas unidades se localizan en el Distrito Federal y 14.43% restante en el Estado de México.

Las delegaciones con mayor número de unidades económicas relacionadas con el AICM albergan un total de 849 UE, las cuales se encuentran distribuidas entre las delegaciones Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza, Benito Juárez, Cuauhtémoc y Azcapotzalco; por otro lado, los municipios con una alta concentración de estas contienen 99 unidades económicas, las cuales se distribuyen a lo largo de los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla de Baz, Ecatepec y Melchor Ocampo –Cuadro 1-.

Existe un patrón de concentración alto de las unidades económicas de estudio en las delegaciones centrales del Distrito Federal; sin embargo las UE con mayor dispersión dentro de la ZMVM son el hotelero, corporativos así como mensajería y paquetería.

Las unidades económicas con más de 251 empleados son aquellas que proporcionan servicios de transporte aéreo regular en líneas aéreas nacionales (9), servicios a la navegación aérea (1), administración de aeropuertos y helipuertos (3) y autobuses foráneos (29), dando así un total de 44 UE con más de 251 empleados. Con ello podemos concluir que si bien, los servicios relacionados con el transporte aéreo cuentan con dos ramas las cuales ocupan más de 251 empleados, es el servicio de autobuses foráneos el que cuenta con el mayor número de empleados al contener 29 UE con más de 251 empleados.

Existen 451 unidades económicas con un rango de 0 a 5 empleados. De este gran total de UE, 202 se dedican al servicio de mensajería y paquetería, 120 proporcionan servicios de intermediación para el transporte de carga y 115 son corporativos.

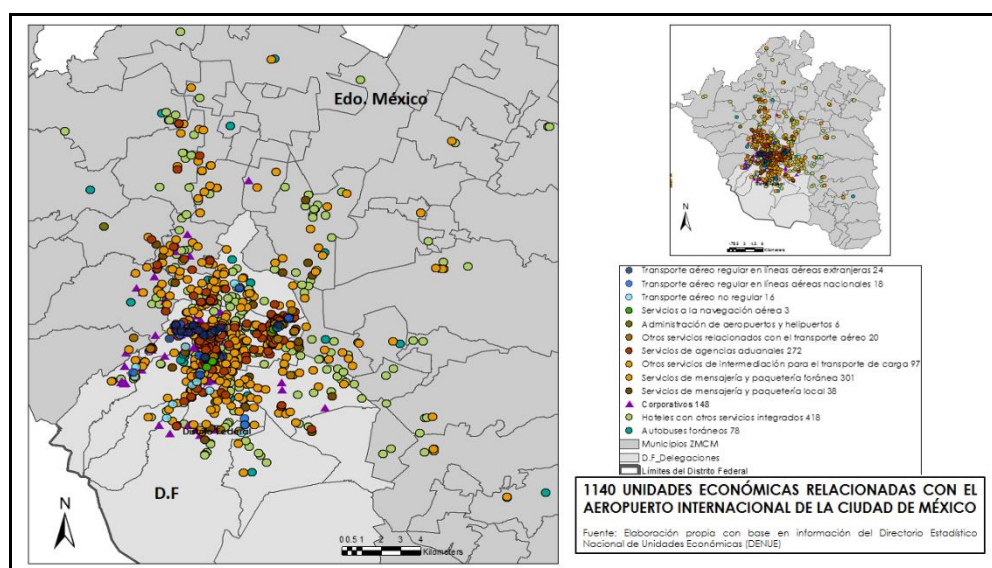


Figura 1. Localización de las UE de relación directa e indirecta con el AICM en la ZMVM.

Con la finalidad de tener un panorama claro de cada una de las actividades relacionadas con el AICM, se desarrollará de manera separada el análisis, tomando como base la Tabla 1 y la figura de cada actividad, para posteriormente poder analizar de manera general el comportamiento de dichas actividades dentro de la zona de estudio.

Tabla 1. Estructura espacial de las unidades económicas relacionadas al AICM

	Estructura espacial de unidades económicas (UE) relacionadas al AICM										
	Actividad	UE	Ubicación								empleados *
			D. F.	%	Delegación mayor * concentración	%	Edo. México	%	Municipio mayor concentración	%	
relación directa	Transporte aéreo	58	58	100	M.Hidalgo (20)	34.48	0	0	-	-	251 a más (9)
	regular en líneas aéreas nacionales	18	18	31.03	M.Hidalgo (5) V.Carranza (5) Total (10)	8.62 8.62 17.24	-	-	-	-	251 a más (9)
	regular en líneas aéreas extranjeras	24	24	41.38	M.Hidalgo (11) Cuauhtémoc (9) Total (20)	18.97 15.52 34.49	-	-	-	-	31 a 50 (7)
	no regular	16	16	27.59	M.Hidalgo (4) Total (4)	6.9 -	-	-	-	-	0 a 5 (5)
	Servicios relacionados con el transporte aéreo	29	27	93.10	V.Carranza (13)	44.82 24.13	2	6.90	A. Zaragoza (1) Naucalpan (1)	3.45 3.45	0 a 5 (10)
	a la navegación aérea	3	3	10.34	Benito Juárez (2) Total (2)	6.90 -	0	0	-	-	0 a 5, 6 a 10 y 251 a más (1 por rango)
	administración de aeropuertos y helipuertos	6	5	17.24	V.Carranza (4) Total (4)	13.79 -	1	3.45	A. Zaragoza (1)	3.45	251 a más (3)
	otros relacionados	20	19	65.52	V.Carranza (9) Benito Juárez (4) Total (13)	31.03 13.79 44.82	1	3.45	Naucalpan (1)	3.45	0 a 5 (8)
	Servicios de intermediación para el transporte de carga	369	340	92.14	V.Carranza (147)	39.84	29	7.86	Naucalpan (8)	2.17	0 a 5 (120)
	agencias aduanales	272	262	71.00	V.Carranza (127) Cuauhtémoc (46) Total (173)	34.42 12.47 46.89	10	2.71	Tlalnepantla de Baz (3) Naucalpan (3) Total (6)	0.81 0.81 1.62	0 a 5 (78)
	otros de intermediación	97	78	21.14	V.Carranza (20) M. Hidalgo (15) Benito Juárez (13) Total (48)	5.42 4.07 3.52 13.01	19	5.15	Tultitlán (5) Naucalpan (5) Cuautitlán Izacalli (4) Total (10)	1.36 1.36 1.08 3.8	0 a 5 (42)
	Subtotal	456	425				31	14.76			
relación indirecta	Servicio de mensajería y paquetería	339	281	82.89	Benito Juárez (63)	18.88	58	17.11	Tlalnepantla de Baz (12)	3.54	0 a 5 (202)
	foráneo	301	249	73.45	Cuauhtémoc (51) Benito Juárez (51) V.Carranza (28) Miguel H. (25) Total (162)	15.04 15.04 8.25 7.37 45.70	52	15.34	Tlalnepantla de Baz (12) Ecatepec (7) Total (19)	3.54 2.06 5.60	0 a 5 (186)
	local	38	32	9.44	Benito Juárez (12) Total (12)	3.54 -	6	1.77	Ecatepec (4) Total (4)	1.17 -	0 a 5 (16)
	Corporativos	150	136	90.67	M. Hidalgo (45)	30.00	14	9.33	Naucalpan (7)	4.67	0 a 5 (115)
		-	-	-	M. Hidalgo (45) Cuajimalpa (26) Cuauhtémoc (24) Benito Juárez (20) Total (115)	30.00 17.33 16.00 13.33 76.66	-	-	Naucalpan (7) Tlalnepantla de Baz (4) Huixquilucan (2) Coacalco (1) Total (14)	4.67 2.67 1.33 .67 9.34	-
	Hoteles con otros servicios integrados	418	325	77.75	Cuauhtémoc (161)	38.51	93	22.25	Ecatepec (15)	3.58	11 a 30 (153)
		-	-	-	Cuauhtémoc (161) M. Hidalgo (44) Benito Juárez (25) Total (230)	38.51 10.52 5.98 55.01	-	-	Ecatepec (15) Tlalnepantla (14) Nezahualcoyotl (11) Total (40)	3.58 3.34 2.63 9.55	-
	Autobuses foráneos	78	66	84.62	Azcapotzalco (27)	34.61	12	15.38	Melchor Ocampo (4)	5.12	251 a más (29)
		-	-	-	Azcapotzalco (27) V.Carranza (13) Total (56)	34.61 16.66 51.27	-	-	Melchor Ocampo (4)	5.12	-
	Subtotal	985	808	336			177	64.08			
	Total	1441	1233	85.57	849	58.92	208	14.43	99	6.87	251 a más (44) 31 a 50 (7) 11-30 (153) 0-5 (451)

* Los números en parentesis () hacen referencia a la cantidad de unidades económicas de la entidad delegacional o municipal dentro de una actividad determinada.
NOTA: Las actividades principales se muestran en cursivas-negritas, mientras que las subactividades sin ningún formato. El total absoluto y porcentual de cada unidad económicas en el Distrito Federal y el Estado de México (aquellas en cursiva-negrita), es la suma del total de cada subactividad. Ejemplo, el total absoluto de las UE de servicio de mensajería y paquetería en el Distrito Federal, es la suma de 249 UE de servicio foráneo más 32 unidades de servicio local; dando así un total de 281 unidades que proporcionan servicio de mensajería y paquetería en el Distrito Federal.
Fuente:Elaboración propia con base en información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)

Unidades Económicas de Transporte aéreo

La Zona Metropolitana del Valle de México cuenta con 58 unidades económicas que brindan servicio de transporte aéreo; 18 de éstas, es decir, 31.03% se dedican principalmente al transporte aéreo regular en líneas aéreas nacionales, 24 al transporte aéreo regular en líneas aéreas extranjeras, lo cual representa 41.38% del total y 17 al transporte aéreo no regular, lo que equivale a 27.59%. El 100 % de estas unidades se ubica dentro del Distrito Federal, lo cual significa su fuerte relación con el AICM – Tabla1-.

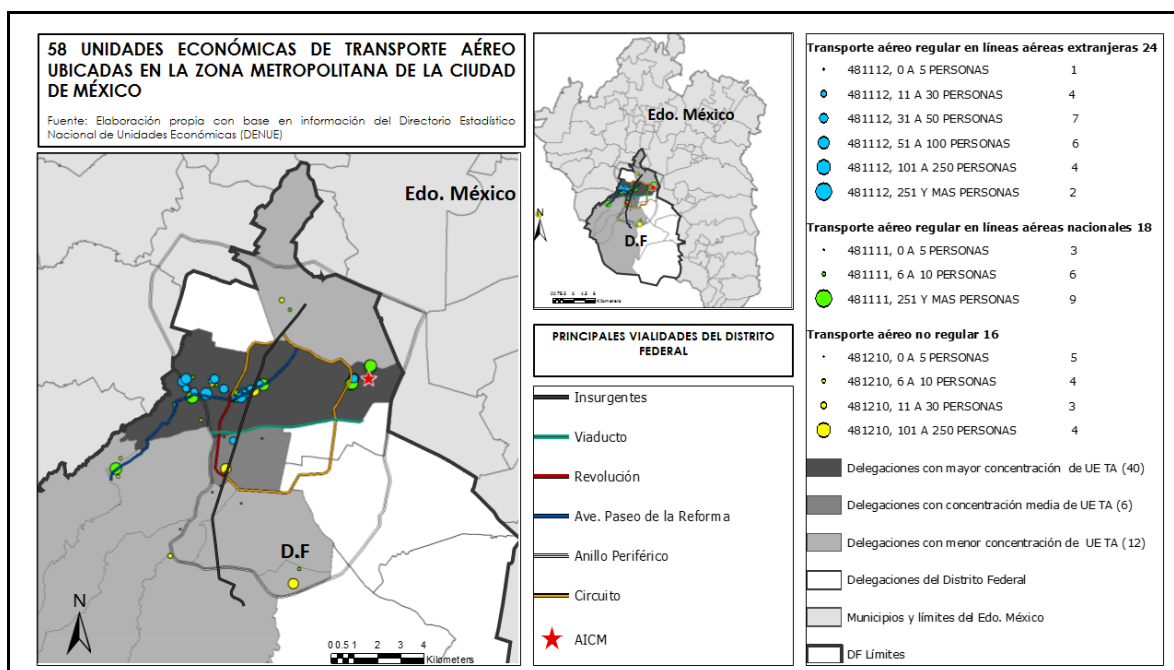


Figura 2. Localización de unidades económicas de transporte aéreo en la ZMVM

El patrón de localización de las unidades económicas de transporte aéreo es altamente concentrado, en las delegaciones centrales del Distrito Federal –Figura 2-.

Se observa una concentración menor de algunas UE transporte aéreo regular en líneas aéreas nacionales ubicadas dentro del propio aeropuerto y comunicado a la ciudad por medio del Circuito – Figura 2-.

También se puede ver un patrón altamente concentrado de unidades de transporte aéreo regular en líneas aéreas extranjeras, alineado en función de un corredor comercial definido como lo es Avenida Paseo de la Reforma y vinculado a una zona de vivienda residencial y residencia media, formada por las colonias Polanco, Lomas de Chapultepec y Anzures⁵ –Figura 2-.

Finalmente, se puede contemplar un patrón poco disperso y ligado a las vialidades de la ciudad de algunas unidades de transporte aéreo no regular y de líneas aéreas extranjeras, con la finalidad de atender brindar una serie de servicios y atender una determinada demanda dentro de las delegaciones Gustavo A. Madero, Benito Juárez, Tlalpan, Coyoacán, La Magdalena Contreras, A. Obregón y Cuajimalpa. –Figura 2-.

⁵ Para la categorización de la zona de vivienda de la delegación Miguel Hidalgo se tomó como fuente el Decreto que contiene el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Miguel Hidalgo 2005.

En este caso en particular existe un vínculo importante entre las unidades económicas de transporte aéreo a través de arterias principales, las cuales a su vez proporcionan una conectividad y accesibilidad rápida al AICM.

Pareciera existir un vínculo entre las actividades de transporte aéreo, su ubicación, la relación de esta actividad con el mercado real y potencial y la imagen urbana⁶. La localización de las UE aéreo regular en líneas aéreas extranjeras en un corredor comercial y de servicios y en un área de vivienda familiar de altos ingresos económicos, como lo es Polanco, otorgan a estas unidades un carácter de prestigio y atracción en la ciudad, acercándolas a un mercado con características socioeconómicas diferentes. Las unidades de transporte aéreo no regular al no tener una ubicación central y por lo contrario en puntos relativamente alejados al AICM, no adjudican importancia alguna a la imagen urbana, librando costos de ubicación; lo cual no implica que dichas unidades se localicen en áreas cercanas a vialidades importantes que proporcionen un rápido acceso al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México – Figura 2-.

Servicios relacionados con el transporte aéreo

La ZMVM cuenta con 29 unidades económicas que proporcionan servicios relacionados con el transporte aéreo; 27 unidades, es decir, 93.10% se localizan en el Distrito Federal y 2 unidades en el Estado de México –Tabla 1-.

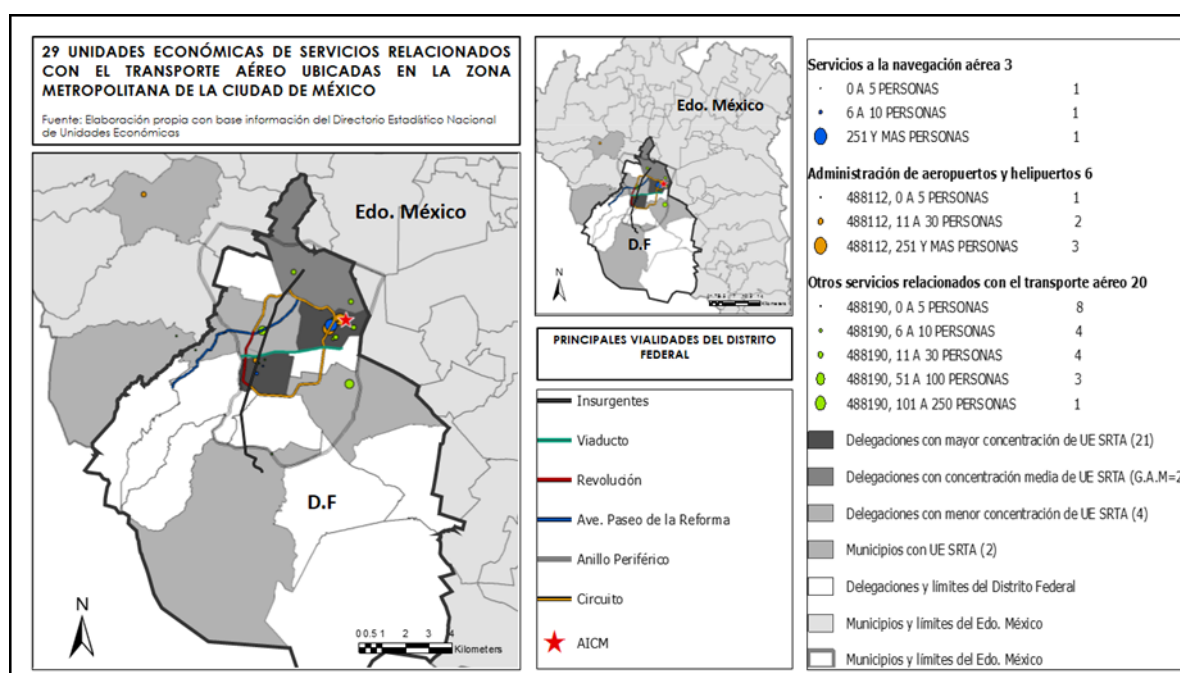


Figura 3. Localización de UE de servicios relacionados con el transporte aéreo en la ZMVM

⁶ Debido a que el Programa delegacional de desarrollo urbano de Miguel Hidalgo no define el concepto de imagen urbana, retomamos de aquí en adelante la definición del Programa delegacional urbano de Cuauhtémoc en la página 110, en donde establece que es “el resultado del conjunto de percepciones producidas por las características específicas, arquitectónica, urbanística y socio-económicas de una localidad, más las originadas por los ocupantes de ese ámbito en el desarrollo de sus actividades habituales, en función de las pautas que los motivan. Tanto la forma y aspectos de la traza urbana, tipo de antigüedad de las construcciones, como las particularidades de barrios, calles, edificios o sectores históricos de una localidad, son algunos de los elementos que dan una visión general o parcializada de sus características”.

De las 27 unidades económicas ubicadas en el Distrito Federal; 10.34%, es decir, 3 unidades se dedican al servicio a la navegación aérea; 6 unidades, lo cual representa 17.24% brindan servicios a la administración de aeropuertos y helipuertos; y 65.52% de estas, es decir 20 unidades, proporcionan servicios relacionados con el transporte aéreo. Por otro lado, del 6.90% de las unidades que se localizan en el Estado de México, 3.45%, es decir, 1 unidad económica, brindan servicio de administración de aeropuertos y helipuertos y el 3.45% restante servicios relacionados con el transporte aéreo –Tabla 1-.

El patrón de localización de las UE de servicios relacionados con el transporte aéreo es altamente concentrado. Las unidades de administración del propio aeropuerto se ubican dentro del mismo – Figura 3-.

Las UE económicas relacionadas directamente con la operación y administración del propio aeropuerto están dentro o en las cercanías al mismo- con excepción de la unidad económica que se localiza en el municipio de Atizapán de Zaragoza y que se vincula con la operación del Aeropuerto del Aeropuerto Atizapán de Zaragoza -, este es el caso de Aeropuerto y Servicios Auxiliares (ASA) cuyo ámbito de acción comprende servicios de planeación, organización y supervisión en materia aeroportuaria y (SENEAM) que proporciona servicios a la navegación en el espacio aéreo. Por lo que podemos concluir que la ubicación de estas unidades es; muy cercana al AICM debido a que son unidades cuya actividad requiere de una demanda constantemente y altamente relacionadas con la ciudad, por medio del Anillo Periférico, Circuito y Viaducto - Figura 3-.

El patrón de localización de las unidades económicas otros servicios relacionados con el transporte aéreo, es altamente concentrado en las proximidades al aeropuerto y con algunas unidades económicas, que aunque se encuentran dispersas, tienen una relación estrecha con el aeropuerto, por medio de la red vial, esto es Insurgentes, Revolución y Ave. Paseo de la Reforma –Figura 3-.

Servicios de intermediación para el transporte de carga

En la Zona Metropolitana del Valle de México se localizan 369 unidades económicas que brindan servicio de intermediación para el transporte de carga. El 92.14% de estas unidades se encuentran en el Distrito Federal, mientras que el 7.86% restante se localiza en el Estado de México. Un total de 262 UE proporciona servicios de agencia aduanal y 97 unidades otros servicios de intermediación para el transporte de carga –Tabla 1-.

La ubicación de las unidades económicas de servicios de intermediación para el transporte de carga muestra un patrón altamente concentrado –Figura 4-.

Un gran porcentaje de UE de servicios aduanales presentan un patrón altamente concentrado a las cercanías del aeropuerto, esto es 34.43%. El resto de las unidades se distribuyen en dos ejes. Uno longitudinal norte-sur, con una alta concentración en un área que abarca la colonia Condesa, Hipódromo Condesa y Cuauhtémoc y ligada a vialidades importantes como lo es Insurgente, Ave. Paseo de la Reforma y Revolución; lo cual, continúa con la presencia de algunas unidades económicas en la delegación Benito Juárez y culmina en la delegación Á. Obregón. Otro transversal este-oeste, que sigue el corredor Reforma, comenzando con una concentración alta de unidades económicas en la intersección Insurgentes-Reforma y que continúa hasta la delegación Miguel Hidalgo, rebasando con un número pequeño de UE los límites del Anillo Periférico hasta llegar a la colonia Paseo de las Palmas en la delegación Á. Obregón –Figura 4-.

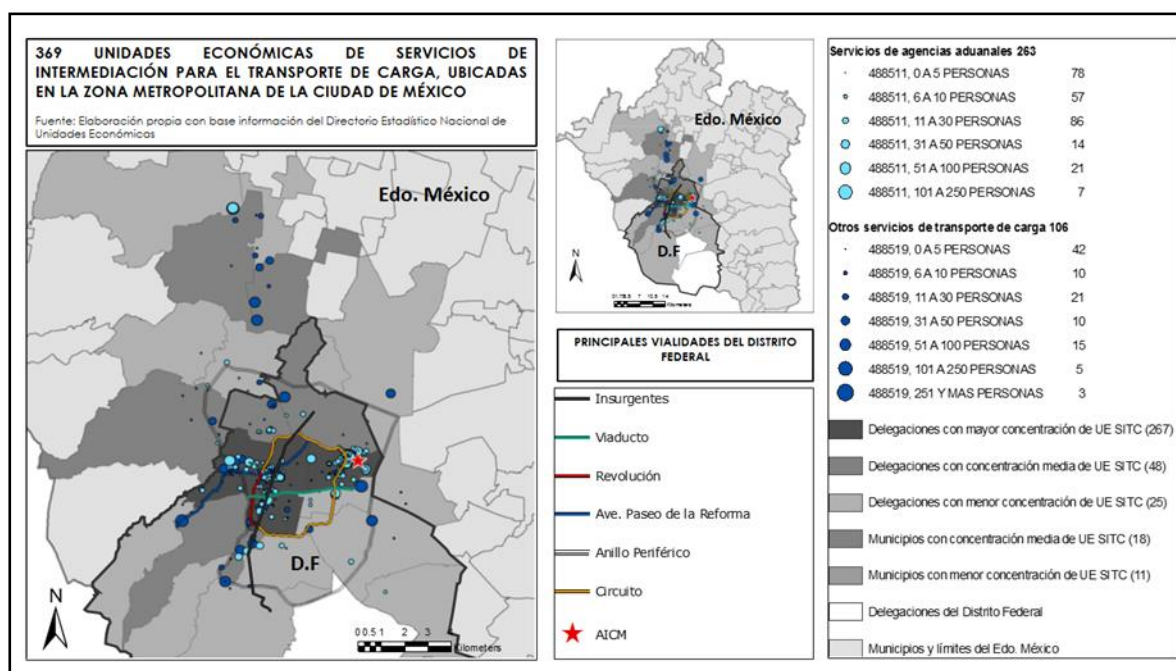


Figura 4. Localización de UE de servicios de intermediación para el transporte de carga en la ZMVM

En situación similar se encuentran los otros servicios de transporte de carga, al estructurarse sobre un eje longitudinal norte-sur; sin embargo, se aprecia una distribución que sobre pasa los límites de Distrito Federal y se desborda hasta los municipios conurbados del Estado de México, Tultitlan y Cuautitlán Izcalli, siguiendo la autopista México-Querétaro –Figura 4-.

En el sur del Distrito Federal encontramos algunas otras unidades que se ubican en los extremos de las principales vialidades, tratando de cubrir la demanda que se encuentra más alejada del AICM –Figura 4-.

Pareciera existir una relación entre las actividades de agencia aduanal, su ubicación, mercado real y potencial y la imagen urbana que puedan presentar. Las UE ubicadas en las colonias Condesa e Hipódromo Condesa predomina la vivienda de nivel medio y medio alto ⁷, el mercado al que se dirige es específico y diferente de aquellas unidades económicas cuya ubicación es muy cercana al aeropuerto, en donde las viviendas existentes son de nivel medio, bajo y popular precarias –Figura 4-.

Servicio de mensajería y paquetería

En la Zona Metropolitana del Valle de México se localizan 339 unidades económicas que ofrecen servicios de mensajería y paquetería, 301 proporcionan servicio de mensajería foráneo y 38 servicio local. El 82.89% de estas unidades, es decir 281 UE se ubican en el Distrito Federal y 17.11 %, esto es 58 unidades económicas en el Estado de México – Tabla 1-.

De las 281 unidades económicas ubicadas en el Distrito Federal; 73.45%, es decir, 249 unidades se dedican al servicio foráneo; 32 unidades, lo cual representa 9.44% brindan servicios local. Por otro lado, del 17.11% de las unidades que se localizan en el Estado de México, 15.34%, es decir, 52 unidades económicas, brindan servicio foráneo y el 1.77% restante servicio local – Tabla 1-.

⁷ Programa delegación de desarrollo urbano de Cuauhtémoc, pp. 69.

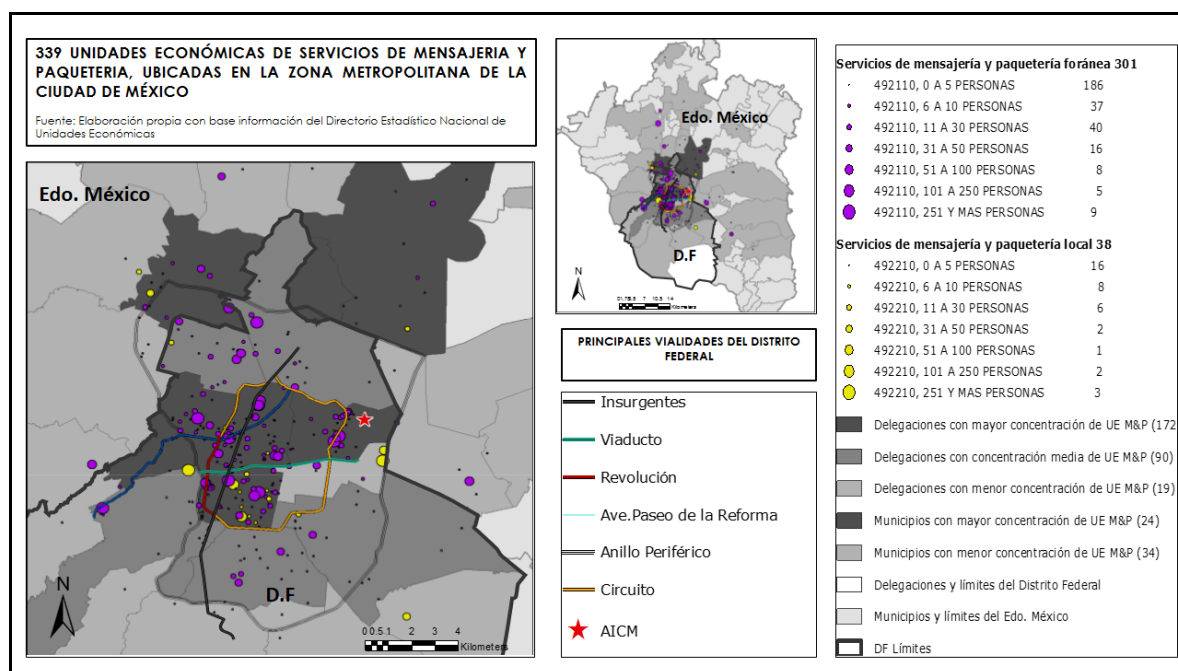


Figura 5. Localización de UE de servicios de mensajería y paquetería en la ZMVM

En términos generales el patrón de ocupación territorial de las unidades de mensajería y paquetería es disperso.

Las delegaciones centrales del distrito Federal presentan una alta concentración de este tipo de unidades, en total 172 de las 339 UE –Figura 5-.

Por la misma especificidad de estas unidades, el patrón de localización requiere ser disperso para brindar el servicio y atender una determinada demanda dentro la Zona Metropolitana del Valle de México. Esparciéndose a lo largo de las 16 delegaciones del Distrito Federal y 20 municipios conurbados del Estado de México – Figura 5-.

Corporativos

Dentro de Zona Metropolitana del Valle de México se ubican 150 corporativos. El 90.67% de estas unidades económicas se localizan en el Distrito Federal, mientras que el 9.33% se ubica en el Estado de México - Tabla 1-.

Las unidades económicas corporativas presentan un patrón de localización de alta concentración en dos de las delegaciones centrales de Distrito Federal – Miguel Hidalgo, concentra el 30% de UE y Cuauhtémoc 16% de UE- muy cercanas a la zona Polanco y la colonia Chapultepec. Vinculada al AICM por medio de Ave. Reforma, Anillo Periférico y Circuito.

La ubicación de 3 unidades corporativas dentro de la delegación Iztapalapa es un punto notorio e importante de mencionar. La funcionalidad de estas tres unidades se centra en la distribución, transformación y habilitación de acero⁸; así como en la fabricación y comercialización de galletas, pasta de trigo, helados y chocolates⁹ –Figura 6-.

⁸ Hacemos referencia a Grupo Collado

⁹ Nos referimos a Grupo Mac Ma S.A.B. de C.V.

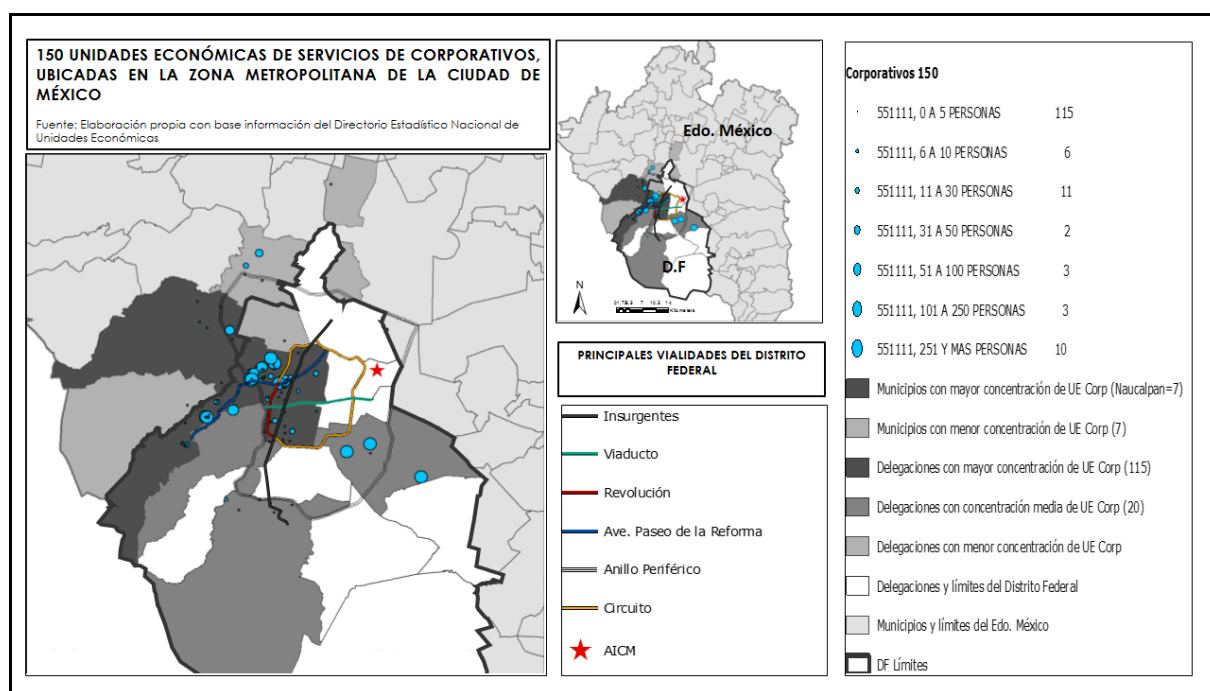


Figura 6. Localización de UE corporativos en la ZMVM

Existe un vínculo importante entre las unidades corporativas, su ubicación, la relación de esta actividad con el mercado real y potencial y la imagen urbana. La localización de las UE corporativos en un centro de negocios, comercial y residencial de alto poder adquisitivo, proporcionan a estas unidades un carácter de prestigio acercándolas a un mercado con características socioeconómicas muy distintas a cualquier otra actividad relacionada con el transporte aéreo.

Actualmente el mayor centro de negocios del Distrito Federal se localiza entre las delegaciones Cuajimalpa y Á. Obregón, en el Centro Santa Fe. La falta de información no nos permite demostrar la importancia que tiene Santa Fe como centro corporativo, debido a que hasta el momento no existe un acuerdo por medio del cual las UE estén obligadas a incorporarse al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, lo que hace incompleto los datos de nacionales de las unidades económicas; no obstante con la información que brinda el DENUÉ podemos analizar el comportamiento territorial de los corporativos y la relación que tienen con el AICM -Figura 6-.

Hoteles con otros servicios integrados

Existen 418 unidades económicas que brindan servicio de alojamiento temporal en hoteles con uno o más servicios integrados en la ZMVM, 77.75% de estas unidades se localizan en el Distrito Federal, mientras que 22.25% en el Estado de México -Tabla 1-.

El patrón de localización de las unidades económicas de la actividad hotelera es altamente concentrado. Un total de 230 unidades se localizan en tres delegaciones centrales -Figura 7-.

Considerando los datos que proporciona el DENUÉ, pareciera existir muy poca concentración de hoteles con otros servicios integrados en el área cercana al aeropuerto y nula en el propio aeropuerto. Sin embargo, sabemos que dentro de las instalaciones del AICM existen dos aeropuertos, el NH dentro de la Terminal 2 y el Hilton en la Terminal 1. A pesar de que la incorporación de estas dos unidades no es significativa en la concentración de este tipo de unidades dentro de la delegación; si es

importante su georreferenciación debido a que son unidades función está directamente vinculada con el aeropuerto – Figura 7-.

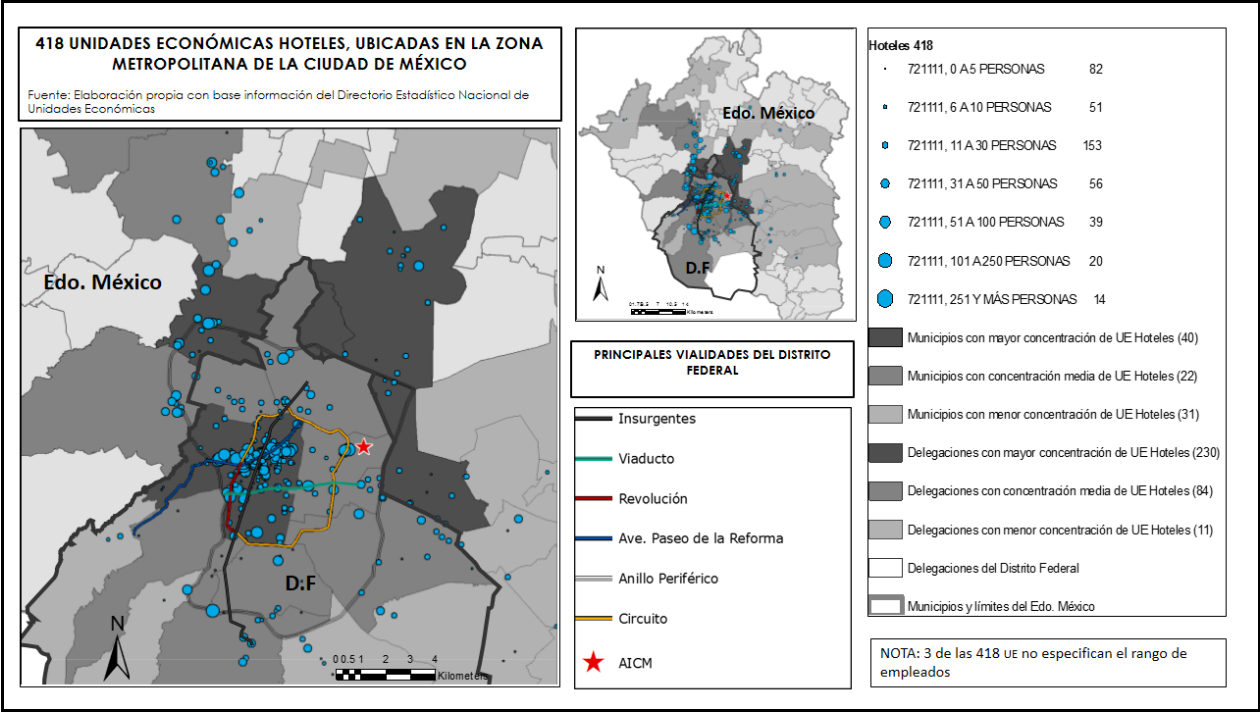


Figura 7. Figura 5. Localización de UE hoteles en la ZMVM

Dentro de la delegación Cuauhtémoc existe un patrón altamente concentrado de hoteles, alineado al corredor Reforma, consolidado en las colonias Tabacalera y Cuauhtémoc y comunicado al aeropuerto por medio de Ave. Reforma, Insurgentes y Circuito.

Existe un patrón alineado de hoteles a lo largo de Viaducto, esto se debe a que es una vialidad rápida que atraviesa y comunica a la zona central de la Ciudad de México – Figura 7-.

La oferta hotelera de mayor ubicación y jerarquía se presenta en dirección norte de la Zona Metropolitana del Valle de México y menor hacia el Estado de Pachuca. Pareciera existir un corredor hotelero norte-sur, a través del cual se forman conglomerados hoteleros dentro de los municipios conurbados de mayor poder económico de la Zona Metropolitana del Valle de México -Figura 7-.

Autobuses foráneos

Dentro de Zona Metropolitana del Valle de México se ubican 78 empresas de transporte colectivo foráneo de pasajeros en ruta fija –autobuses foráneos-. Un total de 66 unidades, esto es, 84.62% se localizan en el Distrito Federal, mientras que 12 UE, es decir 15.38% se ubica en el Estado de México –Tabla 1-.

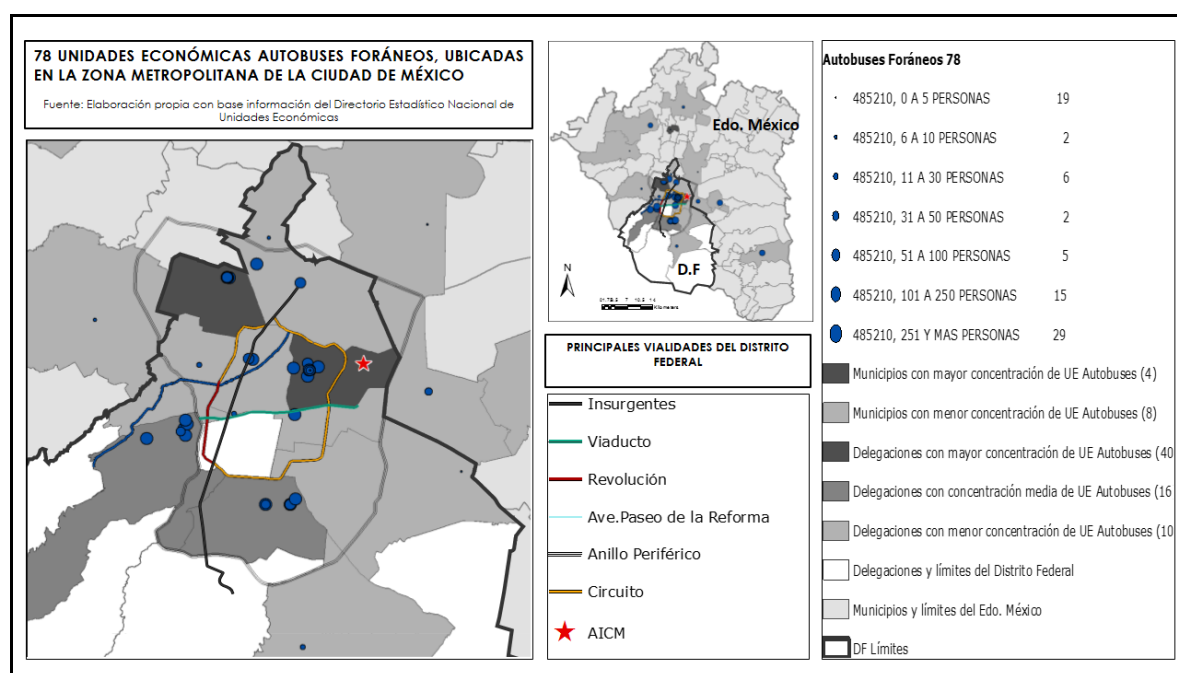


Figura 8. Localización de UE autobuses foráneo en la ZMVM

En el Distrito Federal se ubican cuatro Terminales Centrales de Autobuses, ubicadas al oriente, poniente, norte y sur. La distancia de estas al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México no es mayor a 21 km.¹⁰ La ubicación de estas cuatro unidades se ve reflejado en dos delegaciones con mayor concentración de UE y dos con concentración media –Figura 8–.

Considerando los datos que proporciona DENU, pareciera existir una concentración nula de autobuses en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Sin embargo, el aeropuerto cuenta con dos terminales terrestre donde operan diferentes líneas de autobuses, las cuales proporcionan transporte a las principales ciudades alrededor de la Ciudad de México –Figura 8–.¹¹

Dentro de la delegación Azcapotzalco se percibe un patrón importante de unidades de autobuses, la función de estas es proporcionar servicio de mantenimiento a las unidades de transporte –Figura 8–.

CONCLUSIONES

En esta primera etapa de la investigación pudimos dar respuesta a las interrogantes en un principio planteadas.

Dentro de la ZMVM existen 456 unidades que tienen relación directa con el AICM y 985 relación indirecta, dando un total de 1441 unidades relacionadas con el aeropuerto. Las unidades de relación directa son las que proporcionan servicio de transporte aéreo regular nacional e internacional y no regular; así como servicios a la navegación, administración de aeropuerto y helipuertos y otros servicios relacionados con el transporte aéreo. Las de relación indirecta son aquellas que proporcionan servicio de mensajería y paquetería, corporativos, hoteles y autobuses.

¹⁰ Utilizando Google Maps, pudimos establecer las distancias de las Terminales Centrales de Autobuses al AICM son: Terminal oriente-AICM 13.6 km; Terminal norte-AICM 15.5km, Terminal poniente-AICM 16.3 km y Terminal sur-AICM 20.5 km.

¹¹ Esta información se tomó de la página del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. <http://www.aicm.com.mx/servicioausuarios/transportacion.php?Grupo=4>

Dependiendo del tipo de actividad y jerarquía de las unidades económicas es su localización. Podemos hablar de una combinación de patrones de ubicación territorial, que van de lo altamente concentrado a lo disperso.

Todas aquellas actividades vinculadas directamente con la operación del aeropuerto están dentro del aeropuerto o muy próximas a este; las unidades administrativas pueden estar dentro o fuera del AICM; mientras las de otros servicios relacionados con el transporte aéreo pueden deslindarse, pero de cualquier forma tienen una relación estrecha con el AICM. Las unidades de servicios se localizan dispersan dentro de la ZMVM para poder captar el mercado y brindar el servicio, no sin perder la conexión vial con el resto de la ciudad y con el AICM.

El mostrar aquellas unidades que tienen relación con el aeropuerto en términos de actividad, ubicación y tamaño; permite explorar las relaciones funcionales en términos de la vialidad y distribución. Por lo que, el presente trabajo es una primera aproximación a la influencia que tiene el AICM en la estructura urbana de la ZMVM.

REFERENCIAS

- [1] Aeropuertos y servicios auxiliares (ASA); “ASA: aeropuertos para la competitividad y el desarrollo”, Primera Edición, ASA, FCE, México, 2006.
- [2] Decreto que contiene el programa delegacional de desarrollo urbano para la delegación Miguel Hidalgo 2005.
- [3] INEGI, Directorio estadístico nacional de unidades económicas.
- [4] García, M., “Descubrir la operación de aeropuertos”, Primera Edición, AENA, Madrid, España, 2008.
- [5] García, M., “Descubrir las terminales aeroportuarias”, Primera Edición, AENA, Madrid, España, 2010.
- [6] Programa delegacional de desarrollo urbano de Cuauhtémoc.
- [7] Reséndiz, H., “Propuesta metodológica y aplicación de modelo gravitacional en los sistemas de información geográfica”. Tesis de maestría, México: universidad nacional autónoma de México (UNAM), 2007.
- [8] Rodrigue, J., “The geography of transport systems”, Tercera edición, Routledge, New York, 2013.
- [9] SEDESOL, CONAPO, INEGI, “Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010”, Primera Edición, México, 2012.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES GENERADAS POR LA ACTIVIDAD AÉREA EN MÉXICO

Newton Alfredo Vales Cordero^a y Alfonso Herrera García^b

^aFacultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua

Circuito No. 1, Campus Universitario 2. Chihuahua, C.P. 31125. Chihuahua, México.

^bCoordinación de Integración del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte

Km. 12, Carretera Querétaro-Galindo, Sanfandila, Mpio. Pedro Escobedo, C.P. 76703. Querétaro, México.

Email: aherrera@imt.mx

RESUMEN

En este trabajo se estimaron las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México durante 2010. Además, se señalan algunas medidas para atenuar los impactos de éstas. Para los cálculos se propusieron dos metodologías, en la primera se realizó una estimación con base en el consumo de combustible y en la segunda, con base en los vuelos registrados y los tipos de aeronaves utilizados. Adicionalmente, en esta última estimación mediante un sistema de información geográfica, se determinó sobre qué superficie se produjeron las emisiones.

Los resultados indican que en 2010 se generaron 8.2 Mt de CO₂, 4.4 kt de SO_x y 86.7 kt de NO_x. Además, se estimó que la mayor cantidad de emisiones se generó en los vuelos internacionales (65%). En cuanto a las zonas sobre las que se generó el CO₂, la mayor parte correspondió al territorio mexicano (54%), después, le siguieron en importancia las aguas oceánicas (21.7%) y Norteamérica (18.5%). También, se determinó que para neutralizar la huella de carbono, se podría aplicar un impuesto con un monto promedio de 1.14 dólares por pasajero; y que los biocombustibles pueden reducir esta huella hasta en 80%, considerando todo su ciclo de vida.

Palabras clave: actividad aérea, biocombustible, emisión, huella de carbono, sistema de información geográfica.

ABSTRACT

In this research, the air pollution emissions generated by the air transport movements during 2010 were estimated. In addition, some measures to reduce the emission impacts were established. For the calculations two methodologies were proposed, the first one performed the estimations considering the fuel consumption, and the second methodology considering the reported flights and the aircraft types used. Additionally, in the second estimation using a geographic information system, the surface where the emissions were ejected was determined.

According to the results it was estimated that during 2010, 8.2 Mt of CO₂, 4.4 kt of SO_x and 86.7 kt of NO_x were generated. Besides, it was estimated that the greatest amount of emissions was generated by the international flights (65%). In regard to the zones where the CO₂ was ejected, the greatest amount corresponded to Mexican territory (54%), followed in importance by the oceanic waters (21.7%) and North America (18.5%). Also, it was determined that in order to neutralize the carbon footprint it is possible to apply a fee with an average value of 1.14 dollars per passenger; and that the biofuels can reduce this footprint until 80%, considering all their life cycle.

Keywords: air transport movement, biofuel, carbon footprint, emission, geographic information system.

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cambio climático se ha convertido en el problema ambiental global más importante debido a sus efectos. Por ello, es una de las principales problemáticas que deben atenderse en el ámbito internacional, regional y local. Se manifiesta con efectos negativos evidentes, los cuales continuarán en aumento mientras no se detenga el incremento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI). Enfrentar el cambio climático implica desarrollar de inmediato actividades de mitigación o reducción de emisiones de GEI, y de adaptación o reducción de la vulnerabilidad y de los riesgos para la vida [1].

Por lo tanto, resulta de interés estimar las emisiones contaminantes, con objeto de cuantificar objetivamente la dimensión de las afectaciones ambientales y, también, para identificar mecanismos que podrían utilizarse con objeto de internalizar dichas afectaciones.

México ha asumido el objetivo de disminuir en un 50% sus emisiones de GEI al 2050, respecto con las emitidas en el 2000. En este país el sector transporte generó en 2006 el 20% del total nacional, de emisiones contaminantes, lo cual representó 144.6 Mt de dióxido de carbono equivalente (CO₂e).

Las emisiones de GEI durante 2006 en México, por modo de transporte fueron: autotransporte, 135 MtCO₂e; aéreo, 5.4 MtCO₂e; ferroviario, 1.8 MtCO₂e; y marítimo, 2.4 MtCO₂e [1]. Se debe remarcar la magnitud de las emisiones de GEI del modo aéreo, que es el segundo en importancia después del autotransporte, a pesar de que sólo contribuye con el 0.018% del movimiento de carga doméstica y 0.7% del movimiento doméstico de pasajeros.

El objetivo general de este trabajo es el de realizar una estimación preliminar de las emisiones contaminantes en el aire producidas por la actividad aérea en México, durante 2010; y proponer algún mecanismo para recuperar parte de los costos externos asociados con la contaminación del aire.

El crecimiento de la actividad aérea va acompañado de un incremento en la generación de gases de efecto invernadero. En 2011 la actividad humana mundial generó 34,000 Mt de CO₂, de éstas, 669 Mt fueron originadas por la aviación comercial mundial, lo que representa alrededor del 2% del total mundial [2].

Se supone que el potencial efecto negativo del incremento de las emisiones globales de CO₂ que genera la actividad aérea consolidará la presión pública y política para forzar a este sector a reducir las emisiones de estos gases. Dado que el transporte aéreo es un elemento vital para el desarrollo regional y la economía global, es necesario encontrar medios para transformar este servicio en una actividad sostenible. La sostenibilidad se debe entender como la capacidad de mantener un proceso desde la perspectiva ambiental, social y económica [3].

En el contexto mundial, México contribuye con alrededor del 1.6% a las emisiones de GEI, en 2006 éstas fueron de 715 MtCO₂e. En el rango de países emisores, se ubica en la posición número 13. Las emisiones per cápita de México en 2006, ascendieron a 6.2 tCO₂, este valor se encuentra en un nivel bastante próximo al promedio mundial.

La posición de México como país con desarrollo intermedio debe aprovecharse para adoptar opciones de desarrollo sustentable, con base en tecnologías limpias y bajas en carbono. Esta posición intermedia constituye una gran oportunidad para que México se mantenga indefinidamente en posiciones próximas a la trayectoria promedio global de emisiones per cápita, así como en línea con los requerimientos derivados de una meta global compartida [1].

La Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI) desarrolló una calculadora para estimar las emisiones de dióxido de carbono que se generan por la actividad aérea. Su utilización es simple y requiere muy poca información. Aunque la calculadora de la OACI tiene muchas ventajas, se deben

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

señalar algunos inconvenientes, por ejemplo, no estima la contaminación generada para un vuelo completo, sólo en forma individual por pasajero. Además, no considera en sus bases de datos algunos aeropuertos mexicanos. Debido a su estructura, tampoco desglosa, en el caso de los vuelos internacionales, las emisiones que corresponden al trayecto sobre México, sobre otro país o sobre aguas oceánicas [4].

En 2010 operaron veinte aerolíneas nacionales en México y utilizaron 308 aeronaves. De estas aeronaves, aproximadamente el 44.1% correspondió a la operación troncal, el 39.3% a la aviación regional, el 13.9% a las operaciones exclusivas de carga y 2.6% fueron operaciones de fletamento. Se detectaron 25 modelos de aeronaves, ocho de ellas concentraron al 80 % de los equipos que ofrecieron servicio, los cuales fueron los siguientes: Boeing 737, Airbus A320, Embraer 145EP, Airbus A319, Boeing 717, Fokker, CRJ 600-2B19 y ATR-42.

Además de las compañías aéreas mexicanas, durante 2010 operaron en México 62 aerolíneas extranjeras. La mitad de las cuales fueron aerolíneas de Norteamérica, 29% de Europa, 11.3% de Centroamérica y el Caribe, 8% de Sudamérica y 1.6% de Asia. En general se observó que los aviones más utilizados por estas compañías fueron los Airbus A319 y A320; y los Boeing B737 y B777; y en los vuelos con mayor radio de acción los B747 [5].

En México sólo se utilizan dos combustibles de aviación, la turbosina y el gas avión. La turbosina es una mezcla de hidrocarburos parafínicos y aromáticos, que se obtienen del petróleo. Se utiliza como combustible en motores de aviación a turbina. Por su parte, el gas avión es un líquido de alto octanaje obtenido a partir de la desintegración catalítica de los gasóleos pesados, que a su vez son un destilado intermedio del crudo. Se emplea como combustible en aviones de pistón [6].

METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR LAS EMISIONES

Se aplicaron dos metodologías para estimar las emisiones contaminantes generadas por la actividad aérea de México. En la primera se realizó la estimación en función del consumo de los combustibles fósiles. Esta primera estimación considera los volúmenes de gases contaminantes generados por unidad de combustible quemada. En la segunda alternativa con base en los vuelos registrados y los tipos de aeronaves utilizados, se estimaron los consumos de combustible y posteriormente las emisiones contaminantes. En este caso se calculó adicionalmente, sobre qué superficie se produjeron las emisiones, es decir, sobre territorio mexicano o continental, o sobre aguas oceánicas.

Primera metodología con base en el consumo de combustible

En esta primera estimación para determinar las emisiones contaminantes de las aeronaves se utilizó la información reportada por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), en relación con el consumo de combustible de aviación durante 2010, tanto de turbosina como de gas avión (Tabla 1). Posteriormente, con información proporcionada por Petróleos Mexicanos, en cuanto a la cantidad estimada de gases de efecto invernadero emitidos por la combustión de un litro de combustible de aviación (Tabla 2), se estimaron las emisiones totales anuales que genera la actividad aérea de México.

Segunda metodología

En esta vertiente propuesta se tomaron en cuenta aspectos no considerados en la anterior, por ejemplo, las distintas etapas de vuelo, el tipo de aeronave y sus motores, o si se trata de vuelos nacionales o internacionales.

Identificación de los aeropuertos de origen y destino

En esta etapa se utilizaron las bases de datos de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), para el año 2010, las cuales contienen la información de todos los vuelos realizados durante dicho año, desde, hacia o entre los aeropuertos mexicanos. Esta información se clasifica en vuelos de la aviación regular nacional e internacional, y de fletamento nacional e internacional.

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

Tabla 1. Consumo anual de combustible que ASA proporcionó a los aeropuertos (2000-2010).

Año	Consumo de combustible (litros)	
	Turbosina	Gas avión
2000	3,270,035,473	24,702,920
2001	3,205,912,132	23,831,943
2002	3,099,860,051	23,726,681
2003	3,148,857,396	24,719,648
2004	3,342,126,082	26,187,412
2005	3,395,615,889	26,683,537
2006	3,542,616,248	27,231,554
2007	3,926,844,596	29,001,825
2008	3,746,383,239	28,249,636
2009	3,186,066,245	27,494,504
2010	3,220,411,702	28,666,116

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por ASA Combustibles y la Unidad de Enlace para la Transparencia de ASA.

Tabla 2. Contaminantes generados por la combustión de un litro de gas avión o de turbosina.

Combustible	Dióxido de carbono (CO ₂) (kg)	Óxido de azufre (SO _x) (kg)	Óxido de nitrógeno (NO _x) (kg)
Gas avión	2.536	0.0014	0.0268
Turbosina	2.036	0.0011	0.0215

Fuente: Subdirección de Disciplina Operativa, Seguridad, Salud y Protección Ambiental de Petróleos Mexicanos.

Delimitación de las coordenadas geográficas

Posteriormente, una vez definidos todos los aeropuertos mexicanos y extranjeros que durante 2010 tuvieron operaciones con México, se obtuvieron las coordenadas geográficas de cada uno de ellos. En particular, se utilizó el punto de referencia de cada aeropuerto (ARP, por sus siglas en inglés, Airport Reference Point). Este punto corresponde al centro geométrico de la pista o pistas en operación de un aeropuerto. En el caso de los aeropuertos mexicanos esta información se obtuvo de [7] y para el caso de los aeropuertos en el extranjero, de sus respectivos sitios en Internet.

Después, con base en las coordenadas de cada aeropuerto se determinaron las distancias ortodrómicas¹ entre cada par de aeropuertos, tanto de servicios nacionales como internacionales, utilizando las ecuaciones 1 y 2, que se muestran a continuación, las cuales toman en cuenta la forma esférica de la tierra [8].

$$d = r \Delta\sigma \dots \dots \dots (1)$$

En donde d es la distancia entre cada par de aeropuertos s y f; r es el radio de la tierra, igual a 6,372.8 kilómetros; y $\Delta\sigma$ es el ángulo central, en radianes, formado por cada par de aeropuertos; además:

$$\Delta\sigma = \arctan \left[\frac{\sqrt{(\cos\theta_f \sin\Delta\lambda)^2 + (\cos\theta_s \sin\theta_f - \sin\theta_s \cos\theta_f \cos\Delta\lambda)^2}}{(\sin\theta_s \sin\theta_f) + (\cos\theta_s \cos\theta_f \cos\Delta\lambda)} \right] \dots \dots \dots (2)$$

¹ La distancia más corta entre dos puntos sobre una superficie esférica, medida sobre la superficie de dicha esfera.

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

En donde $\phi_s, \lambda_s; \phi_f, \lambda_f$ son la latitud y longitud geográfica de cada par de aeropuertos, s y f, respectivamente; y $\Delta\phi, \Delta\lambda$ son las diferencias de dichos valores.

Después de haber estimado las distancias entre todos los pares de aeropuertos, se procedió a determinar para el caso de los servicios internacionales, los tramos y distancias que se sobrevolaron en territorio mexicano, territorio internacional y/o aguas oceánicas. Para estas últimas estimaciones se utilizó un sistema de información geográfica (SIG).

Consumo de combustible unitario

Para estimar la relación combustible consumido/distancia de vuelo, por tipo de aeronave, se utilizó la información de la Guía del Inventario de Emisiones (Emissions Inventory Guidebook, EIG) de CORINAIR [9], la cual es la misma fuente que utiliza la calculadora de la OACI. Para ello, se determinó para cada par origen-destino el tipo de aeronave que operó y en función de éste su código. Posteriormente, se interpoló este código para obtener su grupo genérico, con lo que se obtuvo la relación señalada. Esta estimación se realizó para todos los pares origen-destino. En el caso de los vuelos internacionales, además, se desglosó el consumo de combustible sobre territorio mexicano, otros continentes y/o aguas oceánicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Combustibles y consumo por pasajero

De acuerdo con el consumo de combustible anual reportado por ASA (Tabla 1), se observa que en general la turbosina representa el combustible con mayor demanda. Mientras que el consumo de turbosina se mide en miles de millones de litros, el de gas avión es apenas de millones de litros. Durante el periodo 2000-2010 en promedio el consumo de gas avión respecto del total de combustible de aviación suministrado, representó menos de un 1%. En otras palabras, por cada 100 litros de combustible suministrado por ASA, menos de un litro corresponde a gas avión.

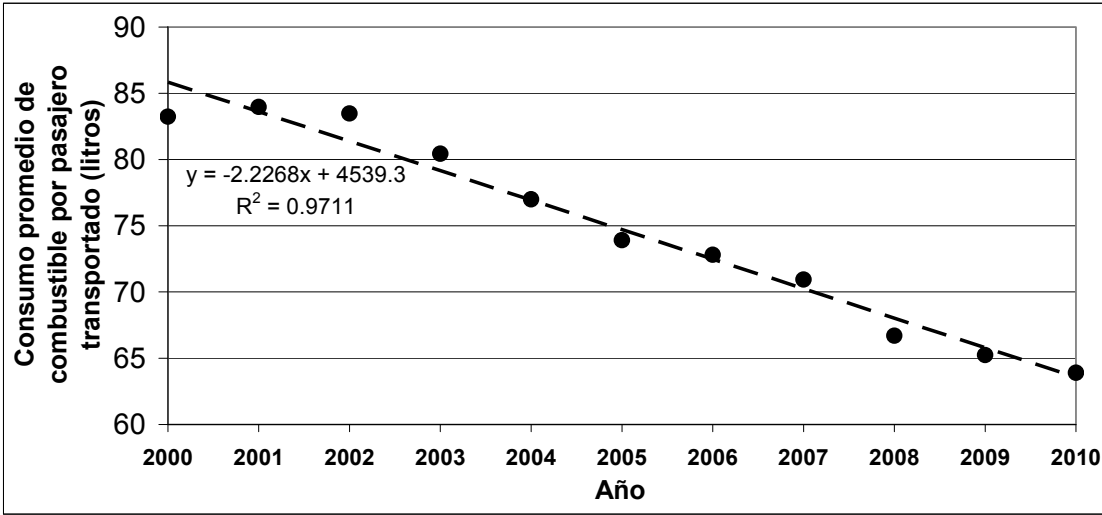
Con base en los consumos de combustible anuales (Tabla 1) y los pasajeros totales transportados durante dichos años, fue posible estimar el consumo promedio de combustible por pasajero durante dicho periodo (Figura 1).

Se observa que a partir de 2001 ha disminuido en forma sostenida el consumo de combustible por pasajero transportado, es decir ha habido un incremento del rendimiento operacional de las aerolíneas, lo cual está asociado con la incorporación de flota aérea más moderna. Sin embargo, se debe señalar que esta mejora refleja el desempeño promedio de las aerolíneas mexicanas y extranjeras que operan en México, en vuelos nacionales e internacionales; y también, que sólo se consideró el consumo de turbosina, el cual representa, como se señaló antes, el combustible más utilizado en México. La Figura 1, también muestra la línea de tendencia de este comportamiento la cual presenta un alto coeficiente de correlación.

Resultados de la primera metodología

Con la información señalada anteriormente se obtuvo una primera estimación de las emisiones contaminantes en el aire originadas por la actividad aérea, para ello, los consumos de combustible tanto de turbosina como de gas avión para el año 2010 (Tabla 1), fueron multiplicados por los factores unitarios de generación de gases contaminantes establecidos en la Tabla 2. Los resultados se presentan en la Tabla 3. En la Figura 2 se muestra la participación de los principales gases contaminantes generados por la actividad aérea durante 2010, se observa que en particular el CO₂ es el principal gas de efecto invernadero generado, casi el 99% de las emisiones corresponden a este gas, los otros dos gases, que son considerados como precursores, tienen una contribución mucho menor.

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México



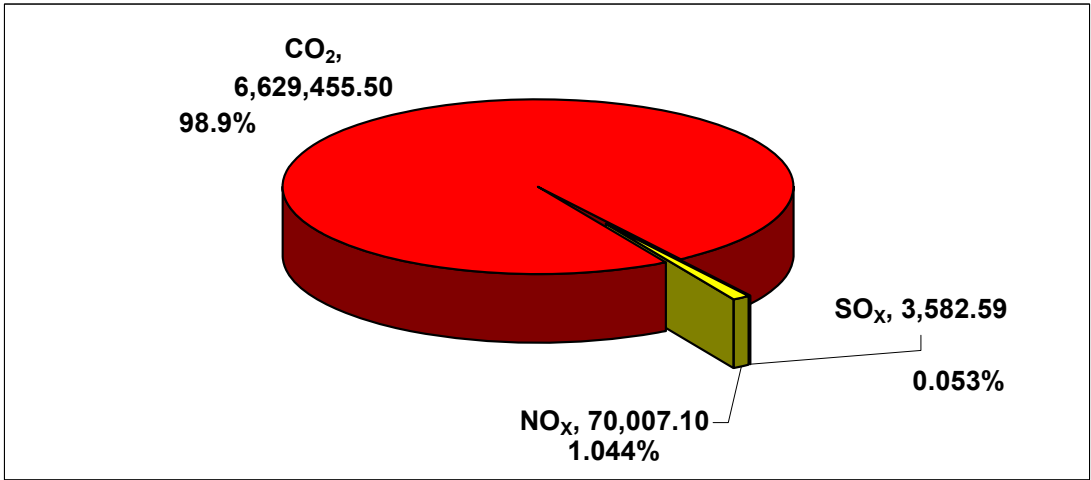
Fuente: El consumo anual de turbosina se obtuvo de la Tabla 2.1. El número de pasajeros anuales transportados se obtuvo de [10].

Figura 1. Consumo promedio de combustible por pasajero.

Tabla 3. Emisiones contaminantes en 2010 por el consumo de combustibles.

Combustible	Cantidad (millones de litros)	Gases contaminantes (toneladas)		
		Dióxido de carbono (CO ₂)	Oxido de azufre (SO _x)	Oxido de nitrógeno (NO _x)
Gasavión	28.67	72,697.27	40.13	768.25
Turbosina	3,220.41	6,556,758.23	3,542.45	69,238.85
Totales	3,249.08	6,629,455.50	3,582.59	70,007.10

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 3.

Figura 2. Gases contaminantes, en toneladas, generados por la actividad aérea durante 2010.

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

Resultados de la segunda metodología

Al procesar las bases de datos se identificaron 66 aeropuertos mexicanos que realizaron operaciones aéreas durante 2010. También, para este año se identificaron 183 aeropuertos fuera de México que interactuaron, como orígenes o destinos, con los aeropuertos mexicanos.

En forma agregada se obtuvieron los siguientes resultados:

- 371,990 vuelos de servicio regular nacional
- 249,369 vuelos de servicio regular internacional
- 11,746 vuelos de servicio de fletamento nacional
- 15,408 vuelos de servicio de fletamento internacional

Estos resultados reflejan que durante 2010 se realizaron en total 648,513 vuelos de los cuales 57.36% correspondieron a la aviación regular nacional, 38.45% a la regular internacional, 1.81% a la de fletamento nacional y 2.38% a la de fletamento internacional.

Además, se observó que los pares origen-destino con las mayores frecuencias operativas dentro de México son: México-Guadalajara, México-Monterrey y México-Cancún, y en los pares internacionales: México-Los Ángeles, Guadalajara-Los Ángeles y México-Houston.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento anterior. Observe que la tabla presenta los valores estimados de los gases contaminantes de los vuelos nacionales e internacionales y las aéreas sobrevoladas en las que se descargaron dichas emisiones.

Tabla 4. Emisiones estimadas por tipo de vuelo y áreas de sobrevuelo, para el año 2010.

Tipo de vuelo	Gases contaminantes estimados (toneladas)		
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Oxido de azufre (SO _x)	Oxido de nitrógeno (NO _x)
Vuelos nacionales			
México	2,874,636.3	1,553.1	30,355.9
Subtotal	2,874,636.3	1,553.1	30,355.9
Vuelos internacionales			
México	1,564,090.2	845.0	16,516.7
Norteamérica	1,517,421.6	819.8	16,023.9
Europa	67,338.3	36.4	711.1
Caribe	54,137.7	29.2	571.7
Centroamérica	82,354.2	44.5	869.7
Sudamérica	270,951.7	146.4	2,861.2
Asia	778.4	0.4	8.2
África	110.7	0.1	1.2
Aguas oceánicas	1,781,761.8	962.6	18,815.3
Subtotal	5,338,944.6	2,884.5	56,378.8
Gran total	8,213,580.9	4,437.6	86,734.8

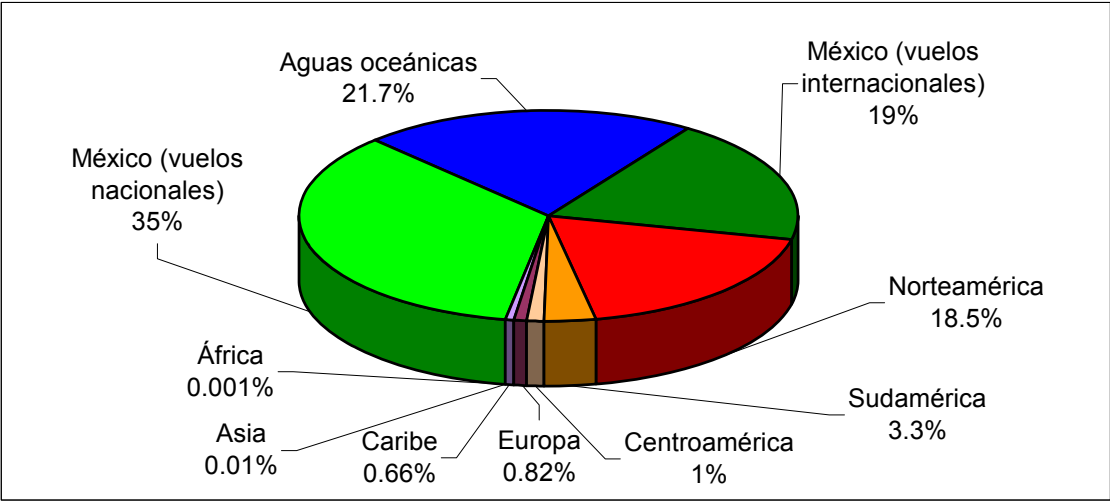
Fuente: Elaboración propia, con base en la metodología establecida.

Se observa que el mayor porcentaje de gases contaminantes corresponde a las emisiones de dióxido de carbono (98.9%), después le sigue el óxido de nitrógeno (1.04%) y finalmente las emisiones de óxido de azufre (0.05%). Estas proporciones porcentuales corresponden a prácticamente los mismos valores que se obtuvieron mediante la primera metodología. Sin embargo, también se observó que en términos absolutos, las estimaciones de la segunda metodología para los tres gases contaminantes considerados, presenta valores más altos (23.8%) que los obtenidos con la primera.

Por otro lado, los resultados de esta segunda estimación señalan que la mayor cantidad de emisiones de CO₂ corresponde a los vuelos internacionales (65%) y el resto a los vuelos nacionales (35%).

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

En cuanto a las zonas sobre las que se generó el dióxido de carbono, la mayor parte corresponde al propio territorio mexicano (54%), de este porcentaje la mayor proporción corresponde a los vuelos nacionales (35%) y el restante (19%) a los internacionales. Después, le sigue en importancia la generación de CO₂ sobre aguas oceánicas (21.7%), Norteamérica (18.5%) y Sudamérica (3.3%). Cabe subrayar que el sobrevuelo de todas estas áreas acumula el 97.5% del total de estas emisiones, por lo que, sobre Centroamérica, Europa, el Caribe, Asia y África sólo se genera una reducida cantidad de este gas contaminante (Figura 3).



Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 4.

Figura 3. Emisiones porcentuales estimadas por tipo de vuelo y áreas de sobrevuelo, para el año 2010.

Medidas para atenuar los impactos de los GEI generados por la actividad aérea

En relación con la disminución de las emisiones de CO₂, en el ámbito mundial se está trabajando en las siguientes áreas: mejora en la eficiencia de los combustibles, incremento del factor de ocupación de las aeronaves, acortamiento de las rutas aéreas, reducción de las demoras y construcción de aeronaves más ligeras. Los objetivos de la International Air Transport Association (IATA) son: incrementar en 25% la eficiencia del combustible de las aeronaves para el año 2020; estabilizar el impacto ambiental y tener un crecimiento nulo de CO₂ a partir del año 2020; y reducir en un 50% las emisiones de CO₂ para el año 2050, en comparación con las generadas en 2005. Para ello, se están explorando diseños aerodinámicos radicales, la utilización de la energía solar en las aeronaves, la tecnología de células de combustible, y los biocombustibles sostenibles, que no compiten con los cultivos que sirven de alimento para el hombre. Los combustibles alternos, en particular, los biocombustibles sostenibles, que han sido identificados por ofrecer soporte al logro de los objetivos establecidos para disminuir las emisiones contaminantes, provienen de cultivos de oleaginosas tales como la jatropha y la camelina, y de las algas, pero también, de la biomasa de la madera y desperdicios. Estas alternativas pueden reducir la huella de carbono hasta en un 80%, considerando todo su ciclo de vida [2].

El principal reto para el desarrollo de los biocombustibles de aviación no es técnico, sino más bien comercial y político. Actualmente, esta alternativa es más costosa que los combustibles fósiles. Por ello, es necesario ofrecer incentivos a los inversionistas para desarrollar estas tecnologías [11].

La cantidad de hectáreas de terreno forestal necesaria para absorber las emisiones anualizadas de CO₂, se obtiene mediante la siguiente ecuación [12]:

$$\text{Huella de carbono (ha)} = \text{CO}_2\text{-eq (t)} / \text{Factor de absorción (tCO}_2\text{/ha)} \dots\dots\dots (3)$$

En donde:

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

Huella de carbono: Es la cantidad de terreno forestal necesaria (en hectáreas) para absorber las emisiones anualizadas de CO₂.

CO₂-eq: Es el total anual de CO₂ equivalente (en toneladas) considerado en el análisis.

Factor de absorción: Es la cantidad que representa las toneladas de CO₂ que puede absorber anualmente una hectárea de determinado tipo de ecosistema de vegetación. Por ejemplo, un bosque de encino-pino con individuos de 5 a 10 años, en la región del estado de Querétaro, México, tiene un factor de absorción igual a 40 tCO₂/ha [13].

Sin embargo, se debe tener presente que existen otros ecosistemas que pueden ser considerados para la captura y almacenamiento del carbono, por ejemplo, se ha demostrado que los agroecosistemas cafetaleros, con sombra diversificada, son sistemas potenciales en la captura de carbono [14]. Estos sistemas representan una opción para los productores de café, no solamente para proporcionar un valor ecológico agregado, al propiciar la captación de carbono sino también para contar con una fuente económica adicional. La opción económica adicional a la producción de café que ofrecen dichos ecosistemas es a través del pago de bonos por captura de carbono o por medio de la producción de madera y leña [15]. El pago de servicios ambientales por fijación y almacenamiento de carbono representa una opción para dar valor agregado a la producción, que podría tener un gran potencial e importancia para los productores [16,17]) y, en consecuencia, representa una estrategia que debe ser considerada, diseñada e implementada a corto plazo [18].

De acuerdo con los resultados obtenidos en la segunda metodología, durante 2010 la actividad aérea desde, hacia y dentro de México generó 8,213,580.9 toneladas de CO₂. Por otra parte, si consideramos un factor de absorción de 40 tCO₂/ha, que corresponde a un bosque de encino-pino con individuos de 5 a 10 años y aplicando la ecuación 3.1 se tiene:

$$\text{Huella de carbono} = 8,213,580.9 \text{ tCO}_2 / 40 \text{ tCO}_2/\text{ha} = 205,339.5 \text{ ha}$$

Esta superficie es equivalente a 2,053.3 km², lo que representa aproximadamente el 0.1% del total del territorio mexicano.

El Fondo BioCarbon del Banco Mundial [19] ha invertido 90 millones de dólares en proyectos de 16 países del mundo (en África, Asia, Europa y Latinoamérica), que han servido para restaurar 150,000 hectáreas de tierras degradadas y para reducir la deforestación de más de 350,000 hectáreas. Estos proyectos han capturado 15 millones de toneladas de CO₂ [20].

Con estos valores se puede estimar un costo promedio de 6 dólares por tonelada de CO₂ capturada. Por otro lado, otros autores [1] estiman que este valor es de alrededor de 8 dólares por tonelada de CO₂ capturada. Considerando un valor promedio de estas estimaciones se obtiene un costo de 7 dólares por tonelada de CO₂ capturada.

De esta forma para neutralizar la huella ambiental derivada de la actividad aérea, se requeriría una inversión de aproximadamente:

$$8,213,580.9 \text{ tCO}_2 \times 7 \text{ dólares/tCO}_2 = 57,495,066.3 \text{ dólares}$$

Si este monto se distribuyera uniformemente entre cada uno de los 50,396,816 pasajeros transportados desde, hacia o dentro de México durante 2010, tendrían que haber pagado adicionalmente 1.14 dólares (aproximadamente 14 pesos mexicanos) por realizar su viaje, lo cual no representa un incremento significativo del monto que pagan por su boleto de avión y los impuestos respectivos.

Un esquema impositivo de mayor cobertura, además, debería considerar un impuesto asociado con la carga transportada, de esta forma se disminuiría el impuesto ambiental de los pasajeros. Sin embargo,

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

un esquema ideal debería establecer este impuesto ambiental en función de las emisiones generadas en cada ruta, por lo cual cada par origen-destino tendría un monto impositivo específico.

CONCLUSIONES

En los últimos años las emisiones mundiales de GEI se han incrementado significativamente, lo cual ha generado diversos efectos negativos, entre ellos el cambio climático. Desafortunadamente, se estima que el cambio climático intensificará los fenómenos hidrometeorológicos extremos y, en consecuencia, se incrementarán los costos de sus impactos, por lo que es necesario iniciar cuanto antes un proceso apropiado de adaptación.

El transporte genera una parte importante de los GEI, por ejemplo, en el caso de México contribuye con el 20% del total de estas emisiones. Las tendencias mundiales señalan que las emisiones de GEI crecerán en función del crecimiento económico.

En México, el autotransporte representa el primer generador de estos gases contaminantes, sin embargo, le sigue en importancia el modo aéreo, a pesar de que su contribución en el transporte de pasajeros y el movimiento de carga es muy reducida.

Dado que el transporte aéreo es un elemento vital para el desarrollo regional y la economía global, es necesario encontrar medios para transformar este servicio en una actividad sostenible en su sentido más amplio, considerando tres perspectivas, la ambiental, la social y la económica.

El principal gas contaminante que se genera por la combustión de cada litro de combustible de aviación, es el dióxido de carbono. En particular, el gas avión es más contaminante que la turbosina, ya que por cada litro quemado, genera 24.5% más emisiones (en peso) de dióxido de carbono que la turbosina. Afortunadamente, el suministro en México para la actividad aérea corresponde en su mayor parte a la turbosina, por cada 100 litros de combustible de aviación suministrados, poco más de 99 corresponden a la turbosina.

Durante el periodo 2001-2010 se observó una disminución en forma sostenida del consumo de combustible por pasajero transportado, lo cual implica un incremento del rendimiento operacional de las aerolíneas, tanto mexicanas como extranjeras.

Debido a que la primera metodología se basa en el consumo total de combustible, sin considerar los diferentes tipos de aeronaves, ni las distancias de vuelo, es menos precisa que la segunda. De los resultados se infiere que la primera alternativa aparentemente subestima la cantidad de emisiones de CO₂ generadas. Por su parte, la segunda metodología, que considera varios factores adicionales en las estimaciones, ofrece teóricamente mayor precisión. Sin embargo, su aplicación es mucho más laboriosa. Por lo anterior, se propone para una línea de investigación futura, desarrollar una calculadora de emisiones de gases contaminantes aplicando la segunda metodología, para sistematizar las estimaciones y obtener los resultados en una forma más ágil, considerando la generación de emisiones totales, pero también su detalle por tipo de servicio y por región.

Una estimación para el año 2010 de la huella de carbono, de la actividad aérea relacionada con México en unidades de terreno forestal, señala que ésta tiene un valor de 205,339.5 hectáreas. Otra de las estimaciones señala que si se aplicara un impuesto para neutralizar la huella de carbono, en promedio cada pasajero tendría que pagar un impuesto de aproximadamente 1.14 dólares, lo cual no representa un incremento importante del monto que pagan normalmente los usuarios del transporte aéreo.

Aunque existen enormes retos para reducir las emisiones de CO₂ y atenuar los efectos del cambio climático, las organizaciones internacionales vinculadas con la actividad aérea comercial, como la OACI y la IATA, han estado avanzando con medidas concretas para reducir la huella ecológica de la

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

aviación. Por lo anterior, es importante continuar con un seguimiento periódico que evalúe las emisiones contaminantes de la actividad aérea y los resultados de las medidas tomadas para reducirlas.

REFERENCIAS

- [1] Poder Ejecutivo Federal (PEF). 2009. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. 2009. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto de 2009. México.
- [2] <http://www.iata.org/policy/environment/climate/>
- [3] Sgouridis Sgouris, Bonnefoy Philippe A, and Hansman R. John. 2011. Air transportation in a carbon constrained world: Long-term dynamics of policies and strategies for mitigating the carbon footprint of commercial aviation. Transportation Research Part A. Elsevier. UK.
- [4] <http://www2.icao.int/en/carbonoffset/Pages/default.aspx>
- [5] <http://www.sct.gob.mx/>
- [6] <http://www.asa.gob.mx/es/ASA/Productos>
- [7] Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM). 2012. Publicación de Información Aeronáutica (PIA). Enmienda 02/12 (393). México.
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance
- [9] http://reports.eea.europa.eu/EMEP_CORINAIR4/en/page002.html
- [10] Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). 2011. La Aviación Mexicana en Cifras 1989-2010. Capítulo 1. México.
- [11] http://www.iata.org/pressroom/facts_figures/
- [12] Hernández Zea Ana Laura. 2012. Huella de carbono en el transporte para una empresa de distribución de productos químicos (tesis). Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. México.
- [13] Manzano Camarillo Mario y Hernández Ramírez Juan Carlos. 2008. Estimación de la captura y almacenamiento de carbono en ecosistemas de la reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Disponible en: http://www.katoombagroup.org/~katoomba/documents/events/event19/Captura_y_almacen_de_carbono_MMManzano.pdf
- [14] Dávalos Sotelo Raymundo, Rodrigues Morato María I. y Martínez Pinillos-Cueto Enrique. 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, manejo y conservación. Capítulo 16 Almacenamiento de carbono. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología INE-SEMARNAT. México.
- [15] Peeters Liza Y.K., Soto-Pinto Lorena, Perales Hugo, Montoya Guillermo and Ishiki Mario. 2003. Coffee production, timber and firewood in traditional and Inga-shade plantations in Southern Mexico. Agriculture Ecosystems and Environment. Elsevier. Volume 95, Issues 2–3, May 2003, Pages 481-493.

Vales y Herrera – Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

- [16] Ávila Gabriela, Jiménez Francisco, Beer John, Gómez Manuel e Ibrahim Muhammad. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Revista Agroforestería en las Américas. Vol. 8. No. 30. P. 32-35. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6349s/x6349s00.pdf>
- [17] Chomitz Kenneth M., Buys Piet, De Luca Giacomo, Thomas Timothy S. and Wertz-Kanounnikoff Sheila. 2007. At loggerheads?: Agricultural expansion, poverty reduction, and environment in the tropical forests. World Bank policy research report. The World Bank Publications. USA.
- [18] Pineda-López Ma. del Rosario, Ortiz-Ceballos Gustavo, Sánchez-Velázquez Lázaro R. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques* 11(2):3-14. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61711201#>
- [19] www.biocarbonfund.org
- [20] <https://wbcarbonfinance.org/docs/BioCarbon-Fund-Brochure-WebReady.pdf>

A COMPARATIVE STUDY FOR MERGING AND SEQUENCING FLOWS IN TMA

Catya A. Zuñiga^a y Daniel Delahaye^b

^aLogistics & Supply Chain Management Department, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

17 Sur 901, Barrio de Santiago, 72410 Puebla, Puebla, México.

Calle 48 y 116, (1900) La Plata, Argentina

Email: catyaatziry.zuniga@upaep.mx

^bOptimization Group Applied Math Laboratory MAIAA, Ecole Nationale de l'Aviation Civile
7, Ave. Ed Belin 31055 Toulouse, France

Email: delahaye@recherche.enac.fr

RESUMEN

Se ha previsto diversos escenarios para explorar el futuro Sistema de Transporte Aéreo. De acuerdo con EUROCONTROL, el escenario más probable de los movimientos de vuelo IFR en Europa hasta 2035, prevé 14,4 millones de vuelos, lo cual es 50% más que en 2012. [10] El aumento en el tráfico aéreo se está traduciendo en diversos problemas tanto en el lado aire como en tierra. En el lado aire, se hace más evidente en el espacio aéreo circundante a los aeropuertos, donde las llegadas y salidas sirven a un gran número de aviones que están sometidos a diversos problemas logísticos que continuamente hay que resolver para asegurarse de que cada vuelo y pasajero viaje con seguridad y eficiencia hasta su destino final. La presente investigación propone una metodología basada en algoritmos evolutivos para resolver el problema de fusión y secuenciación de un conjunto de aeronaves. Para dicho fin, se realiza un análisis del diseño de la topología de las rutas de aterrizaje. Este enfoque propone para cada aeronave una nueva ruta y perfil de velocidad con el fin de evitar posibles conflictos en los puntos de fusión, mientras que se mantienen las normas de separación de la OACI. La función objetivo se basa en adquirir la desviación mínima de cada aeronave con respecto a su plan de vuelo original. El algoritmo se ha aplicado con éxito en el aeropuerto de Gran Canaria en España con muestras de la demanda de tráfico reales para lo que se ha encontrado una configuración óptima para la alimentación óptima pista.

The imminent growing in the Air transport System has forecast diverse scenarios to explore the future of the aviation. According to EUROCONTROL forecast of IFR flight movements in Europe up to 2035, the most likely scenario predicts 14.4 million flights, which is 50% more than in 2012. [10] This increase in the air traffic is translating into diverse problems in the airside and landside. In the airside, it becomes more evident in the airspace surrounding airports, where the arrivals and departures serve a large number of aircraft which are subjected to many logistical problems that must continuously be solved to make sure each flight and passenger travels safely and efficiently. The present research proposes a methodology based on evolutionary algorithms to tackle the merging and sequencing problem of a set of aircraft by analyzing the topology design of the landing routes. It is proposed to merge the arrivals from different routes by changing the topology design of the STARs (Standard Terminal Arrival Route). The approach proposes to each aircraft a new route and speed profile in order to avoid potential conflicts at merging points while maintaining ICAO separation standards. The objective function is based on achieving the minimum deviation of each aircraft from its original flight plan. This algorithm has been successfully applied to Gran Canaria airport in Spain with real traffic demand samples for which conflict free flow merging is produced smoothly with optimal runway feeding.

Palabras clave: TMA, Optimization, Algoritmos Evolutivos, Merging and sequencing.

INTRODUCTION

The imminent growing in the Air transport System has forecast diverse scenarios to explore the future of the Air Transportation System. According to EUROCONTROL forecast of IFR flight movements in Europe up to 2035, the most likely scenario predicts 14.4 million flights, which is 50% more than in 2012. [10] This increase in the air traffic is translating into diverse problems in the airside and landside. In the airside, it becomes more evident in the airspace surrounding airports, where the arrivals and departures serve a large number of aircraft which are subjected to many logistical problems that must continuously be solved to make sure each flight and passenger travels safely and efficiently.

For the sustainability of the Air Transportation System not only in Europe but all over the world, it has been proposed diverse ideas to alleviate airspace congestion such as the minimum spacing requirements, revisit separation requirements, improved sequencing of landings and takeoffs, and the construction of additional runways, among others. Even though, more fundamental changes are needed to improve the use of available air capacity in terminal area. However, more fundamental & innovative changes are required to improve the use of available air capacity. To deal with this future situation, different ATM modernization projects have been started. The Single European Sky ATM Research (SESAR) launched by the European Community and the Next Generation Air Transportation System (NextGen) launched by US government are future projects aim to ensure the safety and fluidity of air transport over the next thirty years.

In this work, the Terminal Maneuvering Area (TMA) is considered as the block of airspace above the airport designed to handle aircraft arriving and departing and perhaps one of the most complex types of airspace, as shown in Figure 1. Its complexity is enforced by different factors such as very dense traffic, frequent large turns, incompletely specified flight plan, complex set of separation standards, incomplete or undefined Arrival and Departure routes, or lack of navigation systems for guidance, among others. Hence, major benefits can be expected if areas with a high traffic density like the TMA are analyzed to assess the performance of new ATM concepts, like 4D-trajectory planning and strategic de-confliction allowing ATC efficient procedures to merge and sequence aircraft. Therefore, innovative concepts of an advance Terminal Airspace Area and Operations has been introduced as part of the previously modernization projects. The main idea is to transformed arrivals with a random pattern into an ordered optimized sequence.

An aircraft approaching typically follows a Standard Terminal Arrival (STAR) providing the transition from the En-Route structure to Terminal Airspace. Aircraft are differentiated by their categories, velocities, incoming points and separations need. To optimized arrivals in a given runway, the individual paths of each aircraft have to be gradually merged until the active landing runway. Aircraft are required to maintain pre-specified separation distance.

One of the prevalent initiatives all over the world is to introduce more Area Navigation (RNAV), RNP Standard Terminal Arrival (STAR) and Standard Instrument Departure (SID) procedures in the Terminal Airspace, and to introduce RNAV and/or RNP routes into the en-Route airspace.. SIDs and STARs are both very similar in many aspects e.g. offering the pilot pre-planned Instrumental Flight Rule (IFR) procedures. STARs are designed to expedite ATC arrival procedure and facilitate the transition between en-route and instrument approach segment as well as to streamline approach flows and to give a more regular approach to an airport. RNAV procedures refer to the ability to execute point to point navigation. These procedures allow flying an optimized path without the need to fly directly toward or away from a ground-based navigation aid (NAVAID) because the utilization of a

mix of instruments such as the global positioning satellite system (GPS). Other benefits of this approach is the ability to facilitate closely-spaced parallel arrivals and departures in the terminal, and allow a redesign of en-Route airspace with an increased number of closer routes, essentially establishing additional routes to optimize these procedures. [11]

It has been said, that some of the key factors to obtaining these advantages (particularly in TMA) is the need for arrival and departure routes (STARs/IFPs and SIDs) to be designed as a function of the interaction between them as well as servicing the traffic's desired track and ensuring obstacle clearance; but also an efficient design of route topologies in the Terminal Airspace could affects some performance metrics such as runway delays, throughput, fuel efficiency, and robustness to uncertainties in operations. [10] ,[11]

Diverse potential benefits can be pointed out with the introduction of RNAV arrival and departure procedures, such as: reduce the need to vector aircraft; fewer radio transmissions due to less need for Controller instructions; reduce flying time and distance, i.e. more direct routing; increased airspace/runway capacity through the use of defined paths.

This work addresses the sequencing and merging problems for arrivals in TMA using an Evolutionary approach. An stochastic optimization algorithm has been developed in order to remove conflicts at merging points and to maintain the minimum separation between aircraft following the same route link according to their wake turbulence constraint. The optimization criteria are based on the minimum deviation from the initial path planning while solving all conflicts. As a result, it is proposed to each aircraft a new route and speed profile. Different topologies have been compared to analyze the potential benefits of these configurations to merge multiple arrivals. The algorithm has been successfully applied to Gran Canaria airport (Spain) with real traffic demand samples for which conflict free flow merging is produced smoothly with optimal runway feeding. The model has being prepared to be applied to Queretaro airport (Mexico). Therefore, a search of the literature was conducted to identify the main aspects related to both, the airspace design and the merging and sequencing problem.

Numerous modeling approaches (both exact and heuristic algorithms) have been proposed to deal with the merging and sequencing problem but recently the approximate algorithms gained importance in the literature due to the fact that for large instances it may take a long time to obtain optimal solutions. The Aircraft Sequencing Problem (ASP) aims to optimize the assignment of aircraft to runways while optimizing the sequence of aircraft departures and arrivals on each runway. It has been of interest for the research community since the late 70s as in [3] where it was first observed that FIFO policy was inefficient for a medium and long term strategies. It was introduced a decision methodology called Constrained Position Shifting (CPS).

Following these ideas, Dear et al. [3] and [8] presented a CPS heuristic for the static and dynamic case of the Aircraft Landing Problem (ALP). The ALP is aim to decide a landing time for each aircraft such that each one lands within predetermined time window and that separation standards are respected. Different approaches for the ALP have been studied, some implement the CPS method and some others develop their own heuristics. For example, a Dynamic-Programming-based approach which used a method called Constrained Position Shifting (CPS) as in [1] and [4] and [2] is a class of algorithms that is able to handle commonly-encountered operational constraints for the sequence problem. In [3] based on Linear Programming which solves the static case presenting a mixed-integer zero-one formulation of the problem together with a population heuristic algorithm.

Other approaches such as the method called "Point Merge technique" [5] and [11] aims to merge arrival flows of aircraft without using heading instructions. Its principle is to achieve the aircraft sequence on a point with conventional direct-to instructions, using predefined legs at iso-distance to this point for path shortening or stretching.

Zuñiga, Delahaye & Martinez- A comparative study for Merging & Sequencing Flows in TMA

The authors have previously addressed these two most common approaches; in [16] the CPS has been used to merge and sequence aircraft with a causal modeling approach; in [17] a topology structure similar to the Point merge has been proposed to deal with the CD&CR in en-Route and TMA using also a causal approach; and in [18] an optimization algorithm has been developed to merge and sequence aircraft in TMA.

The reminder of this works presents in next Section introduces the modeling approach to formulate the problem; the topologies to be analyzed and the mathematical model and a summary of the Evolutionary Algorithms (EAs) techniques. The results obtained from a sample simulation study are presented in Section V. Finally, conclusions and future works are discussed at the end of the paper.

METODOLOGY

As state in [6] and [7], scheduling landing aircraft aims to determine the landing times & sequence of arrivals associated with a particular runway with the final general objective of increasing the throughput of the runway system while satisfying diverse operational and safety constraints of the system. Furthermore, different objectives can be pointed out such as flight efficiency, environmental mitigation, safety & operational aspects which at the begging tend to be in conflict but are not mutually exclusive. It is actually possible to design terminal routes and achieve most of the (apparently conflicting) objectives.

The common approach for sequencing aircraft has been to maintain the First-Come-First-Served (FCFS) order. Even though the determination of assignment times for a given set of aircraft is a static problem. The arrival of a new aircraft into the system requires to revise the cut-tent schedule which by its nature it is a dynamic problem. However, as the objective of this work is to compare the topology efficiency, the determination of landing times for a given set of aircraft is considered as a static problem.

The main objective of this approach is to find conflict free trajectories for a given set of aircraft landing at the same runway by changing either their routes, their speeds or both. This approach is primarily use to schedule arrivals at a runway, but the modeling approach described can also be utilized for departure runway scheduling.

The mathematical formulation has been previously presented in [18] and requires the following parameters:

f_i : the flight planned to land in a given time horizon $[0, T_{max}]$, $f_i = \{1, \dots, n\}$,
 e_i : the entry point of flight f_i in the TMA $i \in f_i$,
 t_i : the time of flight f_i at entry point $i \in f_i$,
 v_i : the speed of aircraft (f_i) $i \in f_i$,
 r_j : the original route of aircraft (f_i) $i \in f_i$,
 wt_i : the wake turbulence category (heavy, medium, light)
 mss_{ik} : the required minimum safe separation between aircraft i and k if i lands before k , $mss_{ij} \geq 0 \forall i, k \in f_i$ due to their wake vortex constraint.
 $d(f_i, f_j)$: the distance separating aircraft i and k if i lands before k .

The TMA has been modeled by a graph:

$$G = \{N, A\}$$

Where:

N ; represent the set of nodes and,

Zuñiga, Delahaye & Martinez- A comparative study for Merging & Sequencing Flows in TMA

A : represent the set of links.

A *route* is conformed from diverse numbers of links which join an entry point to runway. Meanwhile a *link* is defined as a portion of a route which connects two waypoints (or *nodes*). For each route r_j , it is defined a set of *alternative routes*, noted as $alt(li)$. These alternative routes are noted as:

$$Alt(r_j) = \prod_{k=1}^{k=L(r_j)}$$

Where:

$L(r_j)$: is the number of links of route r_j having alternatives choices.

The modeling approach considers two kinds of conflicts: Node conflict and Link conflict. A *Link conflict* is predicted if aircraft flying on the same link have lost the minimum safe separation (mss_{ik}) between aircraft i and k depending on the aircraft's wake turbulence category, i.e. $mss_{ij} \geq d(f_i, f_j) \forall t \in [0, T]$ $d(f_i, f_j)$, if i lands before k , $mss_{ij} \geq d(f_i, f_j) \forall i, k \in f_i$. A *Node conflict* is predicted when an aircraft f_i is flying over a node n_k , other aircraft have to be 5NM away from the node. The optimization process is subject to speed constraint $mss_{ij} \forall f_i \in F v_i \in [v_{imin}, v_{imax}]$

Regarding the safety constraints, all aircraft should be scheduled in such a way that a minimum safe separation (mss) is always maintained. In this work, the International Civil Aviation Organization (ICAO) separation standards are adopted in a distance-based function, ICAO Doc 4444 (Procedures for Air Traffic Management).

USING EVOLUTIONARY ALGORITHMS TO MODEL THE PROBLEM

Evolutionary algorithms (EAs) inspired by both natural selection and natural genetics. It is an abstraction of evolutionary biology which focuses in problem solving systems based on principles of evolution and hereditary to find approximate solutions to optimization problems. [12], [13], [14]

The EAs maintain a population of individuals called $POP(k) = \{x_1, \dots, x_n\}$ for each iteration k . An individual represents a potential solution to the problem to be solved and is represented by a list of parameters, called chromosome or genome. EAs are initialized with a population of guesses, these are usually random and will be spread throughout the search space. The choice of the population size must be always of a trade-off between efficiency and effectiveness. A typical algorithm then uses three operators, selection, crossover and mutation to direct the population (over a series of time steps or generations k towards convergence at the global optimum. This initial population is then processed by the three main operators.

Selection attempts to apply a *fitness function* where poorer performing individuals are weeded out and better fitter, individuals have a greater than average chance of promoting the information they contain within the next generation. In addition, some individual of the new population undergo transformations by means of three main "genetic operators" to form new solutions: nothing, crossover, and mutation. The recombination of individual is carried out using simple analogies of genetic "crossover" and "mutation".

Crossover results in two new child chromosomes, which are added to the next generation population. The chromosomes of the parents are mixed during crossover. These processes ultimately result in the next generation population of chromosomes $POP(k+1)$ that is different from the initial generation. This generational process is repeated until a termination condition has been reached. Mutation is used to modify (flip) an individual to form another. The value of chromosomes within individual strings are then 'randomly' change.

Zuñiga, Delahaye & Martinez- A comparative study for Merging & Sequencing Flows in TMA

As for each aircraft, it has to be found an optimal route and speed regulations, the coding is gather together the decisions variables: route and speed, for all the aircraft involved in the same time window. The chromosome consists in two parts: the first part is link to the speed changes and the second one describes the alternatives route for a given aircraft. Depending of the entry point, aircraft may have different number of alternative. In order to memorize the performances of a given decision, it is gather the number of conflicts a given aircraft has encountered on his route. This information will be used by the recombination operators in order to focus on aircraft involved in conflict.

For each gene i (representing the aircraft), the summation of conflict number in both parents ($P1$, $P2$) is computed as:

$$S = ni(P1) + ni(P2)$$

The probability P_c to transfer the decision variable of gene i in both children is computed by the following expression:

$$P_c = 1 - ni(P1)/S$$

The total number of conflict is computed as follows:

$$N_{conf} = \sum_{i=1}^{i=N} n_i$$

The cumulative following summation is computed by:

$$S(k) = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{n_i}{N_{conf}}$$

The mutation may change the speed of an aircraft, its route or both depending of the configuration of the GA.

The fitness function is composed by two objectives: first to minimize conflicts and secondly, to minimize the speed changes and extra distance introduce:

$$fitness = \frac{1}{0.01 + y_1} + \frac{1}{0.01 + y_2}$$

Where:

y_1 : corresponds to the minimization of both types of conflict; node and link conflict, and,
 y_2 : corresponds to the minimization of the speed changes and extra distance introduce.

RESULTS

In a previous work of the authors [18], the model has been validated using Gran Canaria TMA, see Figure 1. Two scenarios have been investigated with 35 and 50 aircraft respectively on the same time period (1 hour). The results have proved to find optimal solutions to both scenarios. In this work, a new synthetic STAR has been proposed. Figure 1c depicts this STAR.

Zuñiga, Delahaye & Martinez- A comparative study for Merging & Sequencing Flows in TMA

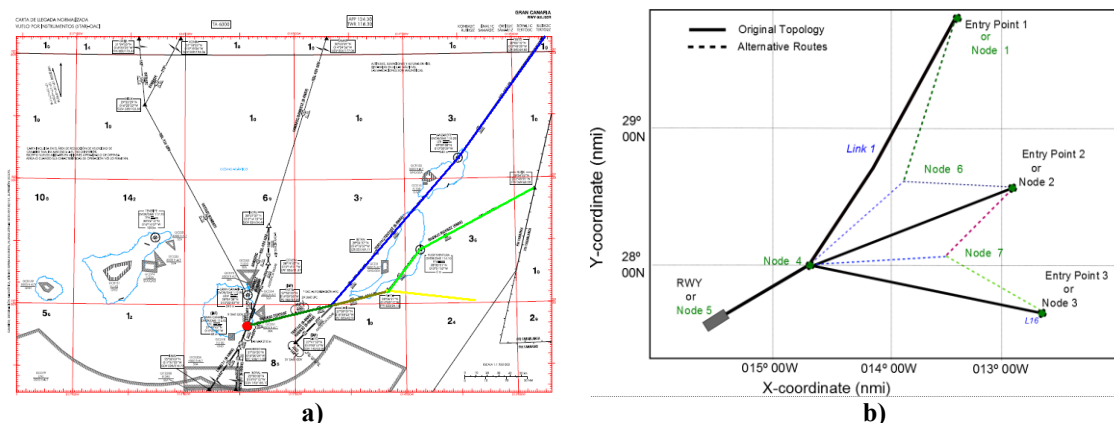


Figura 1. a) Gran Canaria STAR. b) Synthetic Gran Canaria STAR

For comparative purposes, the model has been adapted to Queretaro TMA. Figure 2 presents the both, the STAR of Queretaro TMA (Mexico) and a synthetic STAR to test the benefits of the proposed topology. In current operations of the arrival phase, six routes fuse into one single route towards the final approach (runway 09L/27R) by merging in only one waypoint. Figure 2 a) depicts this topology design by the Mexican Aeronautical authorities. Meanwhile, in the synthetic STAR (Figure 2 b), three routes were defined which correspond to current entry points (as defined by the Mexican Aeronautical authorities) but routes have been change. The waypoints sequence for each of the three STARS is as follows:

- SLP - D12 (Before entering by PITIC)
- BJX - D12 (Before entering by MASIL)
- MLM - D12 (Before entering by XOSAS)

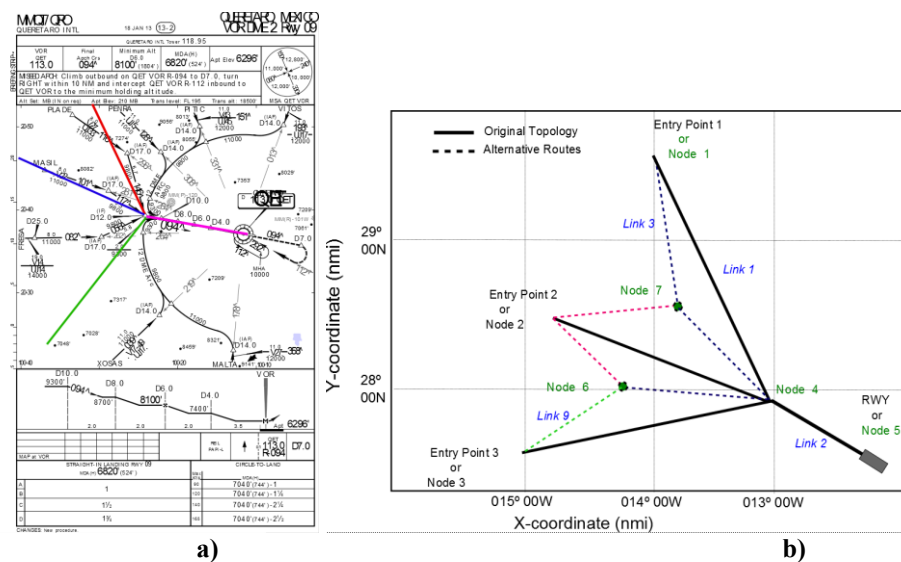


Figura 2. a) Queretaro STAR. b) Synthetic Queretaro STAR

As previously said, these approach has been designed to solve potential conflicts which have been detected between TMA entry point till the initial approach fix point (MASIL waypoint) by amending the speed, the trajectory or both in such a way that the conflict is resolved and no new or secondary conflicts are produced, and the aircraft accomplish its original required arrival time.

Diverse scenarios have been tested with different parameters. This paper presents the most representative ones as preliminary results for the research. More tests should be done, using different topologies to exploit the benefits of the algorithm.

Zuñiga, Delahaye & Martinez- A comparative study for Merging & Sequencing Flows in TMA

The GA parameters used for the first scenario are the following:

Tabla 1. GA parameters for testing scenarios.

37 aircraft scenario	
Number of generation	100
Pop size	100
Probability of Crossover	0,3
Probability of Mutation	0,3

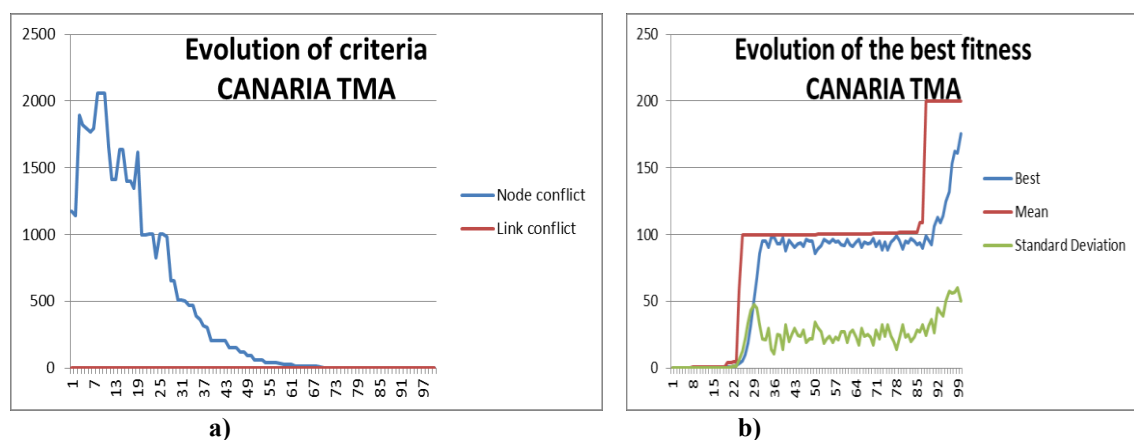


Figura 3. a) Evolution of the fitness for Gran Canaria, Spain TMA. b) Evolution of the best fitness (Gran Canaria TMA); average fitness and standard deviation of the best individual with generations

Figures 3a) & 4a) represent the evolution of the fitness features with generation for a 37 aircraft scenario for Gran Canaria, Spain TMA & Queretaro, Mexico TMA, respectively. The evolution of the fitness features is summarized for which the fitness of the best individual, the average fitness on population and the standard deviation are plot with generations.

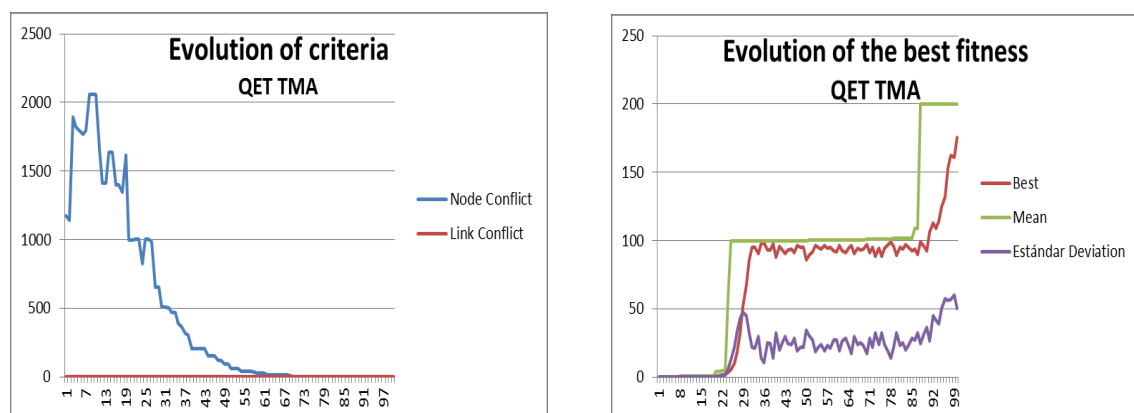


Figura 3. a) Evolution of the fitness for Queretaro, Mexico TMA. b) Evolution of the best fitness (for Queretaro, Mexico TMA); average fitness and standard deviation of the best individual with generations

Tabla 2. Summary of converging values.

	Link conflict	Node conflict
Gran Canaria, Spain TMA	11	81
Queretaro, Mexico TMA	25	88

Table 2 summarizes the information of the Evolution Algorithm, it can be notice that after 81 generations the algorithm finds an optimal solution ($y_1 = y_2 = 0$, objective function=200) for Gran Canaria, Spain TMA meanwhile it took 85 generations to find an optimal solution for Queretaro, Mexico TMA. But in both scenarios, it is much harder to remove node conflict than link conflict. This could be due to the size of extended TMA that has been used. In the case of Gran Canaria, the distance from entry point to IAF is almos almost 1/2 of the size of Queretaro TMA (approximately 75 km for the second one).

These preliminary results should be validated in a more extensive manner; first of all, a more similar but complex synthetic TMA have to be design in both scenarios. Secondly, more loaded scenario should be tested, and finally a more extensive comparative analysis should be done using not only one but several topologies.

CONCLUSIONES

The present research proposes a comparative methodology for merging and sequencing aircraft in TMA. Two different TMAs have been proposed to be compared Gran Canaria, Spain & Queretaro, Mexico. For both scenarios, two synthetic STARs have been design and validation test were conducting using the same load (37 aircraft in 1 hour time window). For each aircraft a new route and speed may be selected to avoid potential conflicts. The mathematical model presented by the authors in [18] has been adapted for such. Stochastic optimization is the most adapted approach to address such problem due to the complexity analysis previously conducted. An Evolutionary Algorithm has been applied with real traffic demand samples. In both situations, all conflicts have been successfully removed on links and at merging points.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Mexican Council for Science and Research (CONACYT) for its support for this work.

REFERENCES

- [1] Balakrishnan, H. and Chandran, B. "Scheduling aircraft landings under constrained position shifting. *AIAA Guidance, Navigation and Control Conference*, Keystone, Colorado, 2006.
- [2] Balakrishnan, H. and Chandran, B. "Algorithms for scheduling runway operations under constrained position shifting". *Journal of Operations Research*, November 2010, Vol. 58, pp.1650–1665.
- [3] Beasley, J.E., Krishnamoorthy, M., Sharaiha, Y. M. and Abramson, D. "Scheduling aircraft landings - the static case". *Transportation Science*, 34:180–197, 2000.

Zuñiga, Delahaye & Martinez- A comparative study for Merging & Sequencing Flows in TMA

- [4] Becker, T.A., Barker, D.R. and Smith, A.P. "Methods for maintaining benefits for merging aircraft on terminal RNAV routes". In *Digital Avionics Systems Conference, 2004. DASC04*. The 23rd, volume 1, pages 2.E.1 – 21–13 Vol.1, oct.2004.
- [5] Boursier L., Favennec B., Hoffman E., Trzmiel A., Vergne F., and Zeghal K. "Merging arrival flows without heading instructions. In *7th USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, 2007*.
- [6] Chandran, B.; Balakrishnan, H., "A Dynamic Programming Algorithm for Robust Runway Scheduling," American Control Conference, 2007. ACC '07 , vol., no., pp.1161,1166, 9-13 July 2007.
- [7] Dear, R. G. and Sherif, Y. S. "An algorithm for computer assisted sequencing and scheduling of terminal area operations". *Transportation Research Part A: General*, 25(2–3):129 – 139, 1991.
- [8] Dear, R. G. and Sherif, Y. S. "The dynamic scheduling of aircraft in high density terminal areas". *Microelectronics Reliability*, 29(5):743 – 749, 1989.
- [9] Dear, R. G. "The dynamic scheduling of aircraft in the near terminal area". *Technical report, MIT*, 1976.
- [10] EUROCONTROL. "Airspace concept handbook for the implementation of performance based navigation (pbn)". *Technical report, EUROCONTROL*, 2012.
- [11] Favennec, B., Symmans, T., Houlihan, D., Vergne, K. and Zeghal, K. "Point merge integration of arrival flows enabling extensive RNAV application and CDA - operational services and environment definition". *Technical report, EUROCONTROL*, 2008.
- [12] Goldberg, D.E. "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning". Reading MA Addison Wesley, 1989.
- [13] Mitchell, M. "An introduction to genetic algorithms". MIT Press Cambridge, MA, USA ©1996
- [14] Schwefel, H.P. *Evolution and Optimum Seeking*. Wiley, New York, 1995.
- [15] Szurgyi, S., Shresta, D., Neskovic, J., DeArmon, and S. Williams. "Analysis of observed aircraft-to-aircraft separations". In *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference, 2008. ICNS 2008*, pages 1 –11, may 2008.
- [16] Zuniga, C.A., Piera, M.A. Ruiz, S. and Del Pozo, I. A cd&cr causal model based on path shortening/path stretching techniques. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, pages –, 2012.
- [17] Zúñiga C.A., Piera M.A., 2011, Causal model to sequence and merge 4DT flows in TMA, in *Proceeding of the 1st International Conference on Application and Theory of Automation in Command and Control Systems ATTACS2011*, Barcelona, Spain, May 26-27, 2011.
- [18] Zuniga, C.A., Delahaye, D, and Piera, M.A. Integrating and sequencing flows in terminal maneuvering area by evolutionary algorithms. In *Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2011 IEEE/AIAA 30th*, pages 2A1–1 –2A1–11, oct. 2011.

Índice por autor

Alonso G.	P. 337
Alves C.J.P.	P. 06
Antón Burgos F. J.	P. 16
Arnaldo R.	P. 30
Azpeitia Osvaldo	P. 42
Ballistrieri Carlos A.	P. 57
Bamberger José Luis	P. 72
Batallas Cristian	P. 376
Benito A.	P. 87.337
Caballero Santiago Servin	P. 470
Cappa J.	P. 112
Carasay D.	P. 126
Chapela Matías	P. 139.213.298
Chías L.	P. 528
Coppa Matías	P. 376.151.162.171.186.514
D'Antiochia Gustavo Roberto	P. 198
D'Iorio Juan Ignacio	P. 139.213.171.186.514
De Mattos Bento Carlos Alberto	P. 102
Delahaye Daniel	P. 555
Di Bernardi Alejandro	P. 126.139.213.298.171.186.514.404
Di Gregorio Pablo	P. 42.72.151.162.352.504
Fantoni Fernando Luiz	P. 222
Farberoff C. L.	P. 232.247
Faut Rogelio	P. 416
García Agustina	P. 162
Giambelluca Claudio	P. 376
Godoy Rocío	P. 389

Gómez Hernán Adrián	P. 262
Gómez V.	P. 30
Hanna Walid	P. 298
Hernández Luis José Ángel	P. 270
Herrera García Alfonso	P. 470.313.543
Herrera Madrid, Isaac	P. 285
Herrón Alejandro	P. 298.416
Holanda S.C.L.	P. 06
Junioni J.C.N.	P. 06
Lagunes García Josué Adonis	P. 313
Ledesma R	P. 376
Lescano Julia	P. 495
López Camelo Alejandro	P. 326
Maddonni Brito Esteban	P. 151.162.186.514.352
Marino P.	P. 126
Martín L.	P. 337
Melitón Víctor	P. 42.72
Montserrat Daniel S	P. 445
Monteagudo Juan Pedro	P. 352.416
Montero Ferreiro Daniel	P. 364
Morinaga C	P. 376
Müller Carlos	P. 222
Muro Marcelo	P. 326
Nadal Mora Vicente	P. 430
Ochoa José	P. 72
Oroná Nélida	P. 389
Padilla Víctor	P. 352

Pérez L.	P. 30
Pesarini A	P. 376.126
Pezzotti Santiago	P. 298
Piechocki Joaquín	P. 404
Pires Porto Protógenes	P. 222
Pitrelli Sergio	P. 126.352.504.416.
Puebla Alejandro	P. 139.213.416
Ramírez Díaz Gabriel	P. 404.430
Ramírez Gabriel	P. 151.162
Ricaud Álvarez Enrique	P. 445
Rico Galeana Óscar Armando	P. 459
Smith J.F.	P. 484
Szelagowski Pablo E.M.	P. 504.495
Tomassini Nahuel	P. 151.171.186.514
Torres T.	P. 528
Vales Cordero Newton Alfredo	P. 543
Vitale Nicolas	P. 298.504.495
Zuñiga Catya A.	P. 555